



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR - KS 141501**

# **PENGELOMPOKAN TRAFO LISTRIK MENGUNAKAN ALGORITMA K-MEANS UNTUK MENDUKUNG EVALUASI KAPASITAS GARDU INDUK LISTRIK DI JAWA TIMUR**

**DYANIKA AYU SAVITRI**  
**NRP 5211 100 037**

**Dosen Pembimbing :**  
**Rully Agus Hendrawan, S.Kom., M.Eng.**  
**Amalia Utamima, S.Kom.,MBA.**

**JURUSAN SISTEM INFORMASI**  
**Fakultas Teknologi Informasi**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2015**



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**FINAL PROJECT - KS 141501**

***ELECTRICAL TRANSFORMER GROUPING WITH  
K-MEANS ALGORITHM TO SUPPORT THE  
EVALUATION OF ELECTRICAL SUBSTATION  
CAPACITY IN JAWA TIMUR***

**DYANIKA AYU SAVITRI**  
**NRP 5211 100 037**

**Supervisor**  
**Rully Agus Hendrawan, S.Kom., M.Eng.**  
**Amalia Utamima, S.Kom., MBA.**

**DEPARTMENT OF INFORMATION SYSTEMS**  
**Faculty of Information Technology**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2015**

## LEMBAR PENGESAHAN

### **PENGELOMPOKAN TRAFLO LISTRIK MENGUNAKAN ALGORITMA K-MEANS UNTUK MENDUKUNG EVALUASI KAPASITAS GARDU INDUK LISTRIK DI JAWA TIMUR**

#### **TUGAS AKHIR**

Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer  
pada  
Jurusan Sistem Informasi  
Fakultas Teknologi Informasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**DYANIKA AYU SAVITRI**  
**NRP. 5211 100 037**



**Dr. Eng. Febrilivan Samopa, S.Kom., M.Kom.**  
**NIP.19730219 199802 1 001**



## **LEMBAR PERSETUJUAN**

### **PENGELOMPOKAN TRAFO LISTRIK MENGUNAKAN ALGORITMA K-MEANS UNTUK Mendukung EVALUASI KAPASITAS GARDU INDUK LISTRIK DI JAWA TIMUR**

#### **TUGAS AKHIR**

Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer  
pada

Jurusan Sistem Informasi  
Fakultas Teknologi Informasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**DYANIKA AYU SAVITRI**  
**NRP. 5211 100 037**

Disetujui Tim Penguji : Tanggal Ujian: 07 Juli 2015  
Periode Wisuda: September 2015

**Rully Agus Hendrawan S.Kom., M.Eng.**

  
(Pembimbing I)


**Amalia Utamima, S.Kom., MBA.**

  
(Pembimbing II)

**Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D**

  
(Penguji I)

**Irmasari Hafidz, S.Kom., M.Sc**

  
(Penguji II)



# **PENGELOMPOKAN TRAFU LISTRIK MENGUNAKAN ALGORITMA K-MEANS UNTUK MENDUKUNG EVALUASI KAPASITAS GARDU INDUK LISTRIK DI JAWA TIMUR**

**Nama Mahasiswa : Dyanika Ayu Savitri**  
**NRP : 5211 100 037**  
**Jurusan : Sistem Informasi FTIf-ITS**  
**Pembimbing 1 : Rully Agus Hendrawan S.Kom.,  
M.Eng.**  
**Pembimbing 2 : Amalia Utamima, S.Kom., MBA.**

## **ABSTRAK**

*Di era globalisasi saat ini, hampir seluruh aktivitas di bidang apapun selalu berkaitan dengan listrik yang berperan sebagai sumber tenaga untuk menghidupkan teknologi-teknologi yang digunakan. Sehingga kebutuhan listrik selalu mengalami peningkatan yang dapat dilihat dari jumlah energi listrik yang terjual oleh PT. PLN (Persero) khususnya di Jawa Timur pada tahun 2013 meningkat 6.68%.*

*Untuk memenuhi kebutuhan listrik tersebut, dibutuhkan kapasitas terpasang yang lebih dari jumlah penjualan listrik agar kebutuhan listrik dapat selalu terpenuhi. Namun, peningkatan jumlah kapasitas terpasang tidak sebanding dengan peningkatan beban puncak yang diketahui dari hasil penjualan listrik. Hal ini dapat menimbulkan beberapa daerah kekurangan pasokan listrik. Sehingga, PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur harus siap untuk menghadapi permintaan listrik yang semakin meningkat dan melakukan evaluasi terhadap kondisi kapasitas gardu induk listrik yang terpasang dalam menyalurkan energi listrik ke seluruh daerah di Jawa Timur agar dapat membantu perusahaan dalam melakukan evaluasi dan memprioritaskan sumber daya dan tenaganya untuk pengembangan kapasitas kelompok trafo tertentu.*

*Hasil dari penelitian ini adalah terbentuk 4 kelompok trafo menggunakan metode Ward dan algoritma K-Means dengan kondisi dan karakteristik masing-masing. Trafo kelompok 1 mensuplai listrik ke pelanggan rumah tangga dan pemakaiannya melebihi kapasitas yang disediakan dengan utilitas tertinggi antara lain 107.27% pada trafo Tuban1, 102.01% pada trafo Porong1, dan 99.59% pada trafo Probolinggo1. Trafo kelompok 2 mensuplai listrik ke pelanggan industri dan pemakaiannya optimal dengan utilitas tertinggi antara lain 66.51% pada trafo Kupang1, 64.66% pada trafo Tuban2, dan 62.70% pada trafo Waru3. Trafo kelompok 3 mensuplai listrik ke pelanggan industri dan pemakaiannya melebihi kapasitas yang disediakan dengan utilitas tertinggi antara lain 99.88% pada trafo Mojokerto6, 99.42% pada trafo Mranggen2, dan 99.30% pada trafo Ploso2. Dan yang terakhir trafo kelompok 4 mensuplai listrik ke pelanggan rumah tangga dan pemakaiannya melebihi kapasitas yang disediakan dengan utilitas tertinggi antara lain 96.16% pada trafo Kenjeran1, 96.13% pada trafo Kertosono2, dan 95.84% pada trafo Banaran5. Kemudian hasil pengelompokan divalidasi dan menunjukkan bahwa jumlah yang optimal adalah 4 dengan nilai Dunn Index 0.05721716. Selain itu, sebuah peta juga dibuat dari hasil clustering untuk mempermudah pengamatan persebaran dari trafo gardu induk listrik pada Jawa Timur.*

**Kata kunci:** *Pengelompokan, Trafo Gardu Induk Listrik, Ward, Algoritma K-Means, Dunn Index*

# ***ELECTRICAL TRANSFORMER GROUPING WITH K-MEANS ALGORITHM TO SUPPORT THE EVALUATION OF ELECTRICAL SUBSTATION CAPACITY IN JAWA TIMUR***

**Student Name : Dyanika Ayu Savitri**

**NRP : 5211 100 037**

**Department : Information System FTIf-ITS**

**Supervisor 1 : Rully Agus Hendrawan S.Kom., M.Eng.**

**Supervisor 2 : Amalia Utamima, S.Kom., MBA.**

## **ABSTRACT**

*In the current era of globalization, almost all activity in any field is always associated with electricity that acts as a source of energy to turn on the technologies used. So the demand for electricity is always increase that can be seen from the amount of electric energy sold by PT. PLN (Persero), especially in Jawa Timur in 2013 increased by 6.68%.*

*To meet the demand for electricity, it takes installed capacity more than the amount of electricity sales in order electricity needs can always be met. However, the increase in the number of installed capacity is not proportional to the increase in peak load is known of the sale of electricity. This can cause some areas of power shortage. Thus, PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur must be prepared to face the growing electricity demand and to evaluate the condition of the electrical substation capacity installed in distributing electricity to all regions in Jawa Timur in order to assist the company in evaluating and prioritizing of resources and energy for the development of the capacity of a particular transformer group. Results of this research are formed four groups of transformer using Ward methods and K-Means algorithm with the conditions and characteristics of each. Transformer group 1*



*supplying electricity to the household customers and the usage exceeds the capacity provided with the highest utility was 107.27% in Tuban1 transformer, 102.01% in Porong1 transformer, and 99.59% in Probolinggo1 transformer. Transformer group 2 supplying electricity to industrial customers and the usage optimal with the highest utility was 66.51% in Kupang1 transformer, 64.66% in Tuban2 transformer, and 62.70% in Waru3 transformer. Transformer group 3 supplying electricity to industrial customers and the usage exceeds the capacity provided with the highest utility was 99.88% in Mojokerto6 transformer, 99.42% in Mranggen2 transformer, and 99.30% in Ploso2 transformer. And the latter transformer group 4 supplying electricity to the household customers and the usage exceeds the capacity provided with the highest utility was 96.16% in Kenjeran1 transformer, 96.13% in Kertosono2 transformer, and 95.84% in Banaran5 transformer. Then the grouping results validated and demonstrated that the optimum number is 4 to Dunn Index value of 0.05721716. Additionally, a map is also made of the results of clustering to facilitate observation of the distribution of electricity transformer substation in Jawa Timur.*

**Keywords:** *Grouping, Electricity Transformer Substations, Ward, Algoritma K-Means, Dunn Index*

## **KATA PENGANTAR**

Assalamu'alaikum warahmatullah wabarakatuh.

Alhamdulillahirobbil 'alamiin, puji syukur penulis turunkan ke hadirat Allah SWT atas berkat limpahan rahmatNya, Penulis dapat menyelesaikan buku Tugas Akhir yang berjudul:

### **PENGELOMPOKAN TRAFIK LISTRIK MENGUNAKAN ALGORITMA K-MEANS UNTUK MENDUKUNG EVALUASI KAPASITAS GARDU INDUK LISTRIK DI JAWA TIMUR**

yang merupakan salah satu syarat kelulusan pada Jurusan Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang senantiasa memberikan bantuan dan dukungan baik yang terlibat secara langsung maupun tidak langsung dalam proses penyelesaian tugas akhir ini:

1. Bapak Ramdhani, Bapak Wahyu, dan Bapak Burhan dari PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur yang telah memberikan data, arahan, kritik, saran, dan bantuan untuk pengerjaan tugas akhir ini.
2. Bapak Rully Agus Hendrawan dan Ibu Amalia Utamima selaku dosen pembimbing atas segala bimbingan dan waktu yang telah diberikan untuk membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Ibu Erma Suryani dan Ibu Irmasari Hafidz selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran sehingga mampu memperbaiki tugas akhir ini.
4. Bapak Nisfu Asrul Sani, S.Kom, M.Kom, selaku dosen wali selama perkuliahan di Jurusan Sistem Informasi ITS, yang setiap semester selalu memberikan nasihat dan motivasi untuk menyelesaikan kuliah.
5. M. Zaenuri dan Dyna Purnamasari selaku kedua orang tua penulis yang selalu memberikan kasih sayang, doa, nasihat, motivasi, dan waktu untuk mendengarkan keluhan

kesah, serta kepada adik tercinta dan anggota keluarga lainnya yang selalu mendukung dan mendoakan dari jauh untuk kelancaran penulis.

6. Yanis Eka L, Luh Made Wisnu S, Devita Swadani S, Yoshita Ayu S, dan Emilia Yulisita yang telah menjadi teman baik selama 4 tahun, selalu membantu penulis menjalani proses perkuliahan, saling bertukar pikiran, berbagi semangat, nasihat, dan canda tawa.
7. Enggal Prasetyo Widodo yang selalu memberikan nasihat, semangat, doa, hiburan, kesabaran, dan waktunya untuk mendengarkan keluh kesah penulis yang membantu penulis merasa lebih baik, serta Zaenal Asikin yang telah memberikan waktu, hiburan dan doa yang membantu penulis menjadi tetap semangat.
8. Teman-teman seperjuangan di Laboratorium SPK, dan keluarga BASILISK 2011 atas pengalaman dan cerita yang telah dilewati bersama dari awal perkuliahan.

Semoga Allah membalas segala kebaikan-kebaikan yang telah diberikan kepada penulis dan juga penulis mengucapkan maaf sebesar-besarnya apabila ada pihak yang kurang berkenan selama penyelesaian tugas akhir. Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan tugas akhir ini, oleh karena itu penulis menerima saran dan kritik yang membangun. Namun penulis berharap bahwa tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Wassalamualaikum warahmatullah wabarakatuh.

Surabaya, Juli 2015

Penulis



## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Batasan Tugas Akhir .....	3
1.4. Tujuan Penelitian .....	4
1.5. Manfaat Penelitian .....	4
1.6. Relevansi .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1. Penelitian Sebelumnya .....	5
2.2. Dasar Teori .....	6
2.2.1. Kebutuhan Energi Listrik di Jawa Timur .....	6
2.2.2. Gardu Induk Listrik .....	6
2.2.3. PT. PLN (Persero) .....	9
2.2.4. Metode Ward .....	11
2.2.5. Algoritma K-Means .....	12
2.2.6. Dunn Index (DI) .....	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	15
3.1. Studi Literatur .....	16
3.2. Pengumpulan Data .....	16
3.3. Identifikasi Variabel .....	16
3.4. Pengelompokan Data dengan Metode Ward dan Algoritma K-Means .....	17
3.5. Validasi Hasil .....	17
3.6. Analisis Hasil dan Pembuatan Visualisasi .....	17
3.7. Penyusunan Buku Tugas Akhir .....	18
BAB IV PERANCANGAN .....	19
4.1. Pengumpulan Data .....	19
4.2. Proses Penyeleksian dan Pembersihan Data .....	22

4.2.1.	Identifikasi Atribut .....	22
4.2.2.	Uji Korelasi .....	23
4.2.3.	Pemilihan Atribut yang Digunakan .....	30
4.3.	Proses Perubahan Data .....	30
4.3.1.	Merubah Nilai Atribut .....	31
4.3.2.	Standarisasi Data .....	33
BAB V	IMPLEMENTASI .....	35
5.1.	Penentuan Jumlah <i>Cluster</i> menggunakan Metode Ward.....	35
5.2.	Proses <i>Clustering</i> menggunakan Algoritma K-Means.....	39
5.3.	Validasi Hasil <i>Clustering</i> dengan Dunn Index (DI).....	47
BAB VI	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	51
6.1.	Acuan Perusahaan dalam Melakukan Analisis .....	51
6.2.	Analisis Hasil <i>Clustering</i> .....	53
6.2.1.	Analisis Trafo berdasarkan Zona Waktu, Kapasitas, dan Utilitas .....	53
6.2.2.	Analisis Trafo berdasarkan Bulan .....	63
6.2.3.	Analisis Trafo berdasarkan Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) .....	65
6.3.	Analisis Karakteristik Trafo .....	74
6.4.	Persebaran Trafo Hasil <i>Clustering</i> .....	77
6.5.	Usulan Strategi .....	80
BAB VII	KESIMPULAN DAN SARAN .....	83
7.1.	Kesimpulan .....	83
7.2.	Saran .....	85
7.2.1.	Untuk Perusahaan.....	85
7.2.2.	Untuk Penelitian Selanjutnya .....	86
DAFTAR PUSTAKA.....		87
BIODATA PENULIS.....		91
LAMPIRAN A DATA BEBAN TRAF0.....		A-1
LAMPIRAN B HASIL <i>CLUSTERING</i> TRAF0.....		B-1

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Sebelumnya .....	5
Tabel 2.2 Kebutuhan Listrik Jawa Timur (GWh) Tahun 2009-2013 .....	6
Tabel 4.1 Beberapa Data Beban pada Ms. Excel .....	20
Tabel 4.2 Identifikasi Atribut Data Beban .....	22
Tabel 4.3 Perubahan Nilai Atribut Wilayah_APD .....	23
Tabel 4.4 Perubahan Nilai Atribut APJ .....	23
Tabel 4.5 Perubahan Nilai Atribut Bulan .....	24
Tabel 4.6 Perubahan Nilai Atribut Hari .....	25
Tabel 4.7 Perubahan Nilai Atribut Zona_Waktu .....	25
Tabel 4.8 Nilai Signifikansi Atribut .....	29
Tabel 4.9 Perubahan Nilai Atribut Proses <i>Clustering</i> .....	31
Tabel 4.10 Hasil Standarisasi Nilai Data .....	34
Tabel 5.1 Bagian tabel <i>agglomeration schedule</i> dengan SPSS .....	38
Tabel 5.2 Sebagian Hasil Clustering Trafo dengan SPSS .....	42
Tabel 5.3 <i>Initial Cluster Center</i> .....	44
Tabel 5.4 <i>Final Cluster Center</i> .....	44
Tabel 5.5 <i>Iteration History</i> .....	45
Tabel 5.6 <i>Distance Between Final Cluster Center</i> .....	46
Tabel 5.7 <i>Number of Cases in Each Cluster</i> .....	46
Tabel 5.8 Nilai Validasi Dunn Index .....	49
Tabel 6.1 Acuan Perusahaan untuk Atribut Zona Waktu .....	51
Tabel 6.2 Penentuan Nilai Atribut dan <i>Label Cluster</i> .....	52
Tabel 6.3 Tindakan Perusahaan berdasarkan Utilitas dan Kapasitas Trafo .....	52
Tabel 6.4 Analisis Trafo berdasarkan Zona_Waktu, Kapasitas, dan Utilitas .....	53
Tabel 6.5 Urutan Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) Trafo <i>Cluster 1</i> .....	67
Tabel 6.6 Urutan Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) Trafo <i>Cluster 2</i> .....	69
Tabel 6.7 Urutan Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) Trafo <i>Cluster 3</i> .....	71



Tabel 6.8 Urutan Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) Trafo  
*Cluster 4* .....73

Tabel 6.9 Analisis Karakteristik Trafo .....74

Tabel 6.10 Usulan Strategi .....80

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta Kelistrikan Jawa Timur .....	10
Gambar 3.1 Alur Pengerjaan Tugas Akhir.....	15
Gambar 4.1 Menu SPSS untuk Melakukan Uji Korelasi .....	26
Gambar 4.2 Jendela Bivariate Correlations.....	27
Gambar 4.3 Uji Korelasi .....	28
Gambar 5.1 Menu SPSS untuk Menentukan Jumlah <i>Cluster</i> dengan Metode Ward .....	36
Gambar 5.2 Jendela Hierarchical Cluster Analysis.....	37
Gambar 5.3 Jendela Hierarchical Cluster Analysis: Method .....	38
Gambar 5.4 Menu SPSS untuk Melakukan Proses <i>Clustering</i> dengan Algoritma K-Means .....	40
Gambar 5.5 Jendela K-Means Cluster Analysis.....	41
Gambar 5.6 <i>Script</i> Perhitungan Nilai Dunn Index pada Aplikasi R (1).....	47
Gambar 5.7 <i>Script</i> Perhitungan Nilai Dunn Index pada Aplikasi R (2).....	48
Gambar 6.1 <i>Add Data Source</i> pada Tableau .....	56
Gambar 6.2 Selesai Menambahkan <i>Data Source</i> .....	57
Gambar 6.3 Atribut dari Data Source dalam Halaman Tableau .....	58
Gambar 6.4 Contoh Pembuatan <i>Scatter Plot</i> .....	59
Gambar 6.5 Diagram <i>Scatter Plot</i> Kapasitas dan Utilitas .....	60
Gambar 6.6 Diagram <i>Scatter Plot</i> Kapasitas dan Zona_waktu .....	62
Gambar 6.7 Diagram <i>Scatter Plot</i> Utilitas dan Zona_waktu..	63
Gambar 6.8 Grafik Prosentase Jumlah Trafo per Bulan .....	64
Gambar 6.9 Analisis Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) <i>Cluster 1</i> .....	66
Gambar 6.10 Analisis Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) <i>Cluster 2</i> .....	68
Gambar 6.11 Analisis Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) <i>Cluster 3</i> .....	70
Gambar 6.12 Analisis Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) <i>Cluster 4</i> .....	72

Gambar 6.13 Alur Pengerjaan Peta Persebaran Trafo .....	77
Gambar 6.14 Peta Persebaran Hasil <i>Clustering</i> di Jawa Timur .....	78
Gambar 6.15 Peta Persebaran Hasil <i>Clustering</i> di Surabaya..	79

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan pengerjaan, tujuan, dan manfaat dari pengerjaan tugas akhir.

#### **1.1. Latar Belakang Masalah**

Di era globalisasi saat ini, listrik merupakan hal yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat, pemerintahan, industri, komersial, dan publik. Hampir seluruh aktivitasnya selalu berkaitan dengan listrik yang berperan sebagai sumber tenaga untuk menghidupkan teknologi-teknologi yang mereka gunakan. Sehingga dapat dikatakan bahwa semakin majunya teknologi, kebutuhan listrik juga mengalami peningkatan. Peningkatan kebutuhan listrik tersebut dapat dilihat dari jumlah energi listrik yang terjual. Pada tahun 2013, energi listrik yang terjual di seluruh Indonesia adalah sebesar 187.541 GWh yang meningkat 7,79% dari tahun sebelumnya. Penjualan energi listrik untuk semua jenis kelompok pelanggan yaitu Industri, Rumah Tangga, Bisnis dan Lainnya mengalami peningkatan masing-masing sebesar 6,99%, 7,04%, 1,33% dan 7,08% [1]. Jawa Timur, sebagai provinsi dengan jumlah penduduk terbanyak kedua di Indonesia yaitu sebanyak 37.476.757 jiwa [2], memiliki energi listrik terjual pada tahun 2013 sebesar 28,708.11 GWh [1]. Penjualan ini meningkat 6.68% dari tahun sebelumnya. Selain peningkatan penjualan listrik, peningkatan jumlah pelanggan juga sangat mungkin terjadi dilihat dari Rasio Elektrifikasi di Jawa Timur pada tahun 2013 yaitu sebesar 79,21% [1]. Rasio Elektrifikasi ini menunjukkan bahwa sekitar 20,79% penduduk Jawa Timur masih belum mendapatkan listrik PLN.

Untuk memenuhi kebutuhan listrik tersebut, dibutuhkan kapasitas terpasang yang lebih dari jumlah penjualan listrik agar kebutuhan listrik dapat selalu terpenuhi. Pada akhir Desember 2013, total kapasitas terpasang dan jumlah unit pembangkit PLN mencapai

34.206 MW dan 4.925 unit, dengan 26.768 MW (78,26%) berada di Jawa [1]. Total kapasitas terpasang meningkat 3,96% dibandingkan dengan akhir Desember 2012. Sedangkan beban puncak pada tahun 2013 mencapai 30.834 MW, meningkat 6,76% dibandingkan tahun sebelumnya [1]. Dapat dilihat bahwa peningkatan jumlah kapasitas terpasang tidak sebanding dengan peningkatan beban puncak yang diketahui dari hasil penjualan listrik. Hal ini dapat menimbulkan beberapa daerah kekurangan pasokan listrik. Jika hal tersebut tidak segera diatasi, dikhawatirkan bahwa daerah yang kekurangan pasokan listrik akan semakin bertambah setiap tahunnya.

Berdasarkan permasalahan diatas, PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur harus siap untuk menghadapi permintaan listrik yang semakin meningkat dan melakukan evaluasi terhadap kapasitas gardu induk listrik yang terpasang dalam menyalurkan energi kebutuhan listrik ke depannya dapat selalu terpenuhi. Jika pemakaian listrik melebihi kapasitas dari trafo dalam gardu induk listrik, maka trafo mengalami panas dan akhirnya meledak yang dapat mengakibatkan kebakaran [3].

Dalam memudahkan proses evaluasi kapasitas listrik, perusahaan perlu melakukan pengelompokan terhadap kondisi trafo saat ini. Selanjutnya dapat dilakukan pengambilan keputusan dalam pengembangan trafo gardu induk listrik pada masing-masing kelompok. Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Deshani, Attygalle, Hansen, Karunaratne (2014) mengenai pengelompokan dengan metode algoritma K-Means. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan dimana titik beban puncak listrik dalam jam tertentu per hari dan dalam hari tertentu per minggu [4]. Beberapa penelitian lain telah dilakukan untuk menentukan metode pengelompokan yang terbaik dalam penyelesaian permasalahan bidang kelistrikan. Penelitian oleh Benmouiza, Cheknane (2013) bertujuan untuk mengevaluasi hasil peramalan dengan menggunakan metode algoritma K-Means [5]. Penelitian lain dilakukan oleh Wang, Bian, Y. Liu, Z. Liu (2013) mengenai klasifikasi beban listrik di gardu induk listrik Shandong, Cina.

Penelitian ini menghasilkan 7 *cluster* berdasarkan karakteristik beban listrik [6]. Dari referensi tersebut dapat diketahui bahwa algoritma K-Means dapat digunakan untuk mengelompokkan data dengan rata-rata yang hampir sama dan memisahkan data dengan jarak rata-rata paling besar. Sehingga dapat diketahui kelompok trafo gardu induk listrik dengan kondisi dan karakteristik yang berbeda-beda.

Oleh karena itu, pada tugas akhir ini akan dilakukan pengelompokan menggunakan algoritma K-Means terhadap trafo pada seluruh gardu induk listrik yang terpasang di Jawa Timur. Tujuan dari pengelompokan yang dilakukan adalah untuk melakukan analisis kondisi dan karakteristik trafo gardu induk listrik pada setiap kelompok. Sehingga diharapkan hasil dari tugas akhir ini dapat mendukung evaluasi kapasitas gardu induk listrik di Jawa Timur dan membantu perusahaan dalam memprioritaskan sumber daya dan tenaganya ke kelompok trafo tertentu.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, rumusan masalah yang akan diselesaikan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Atribut apa saja yang paling penting bagi perusahaan dalam melakukan proses pengelompokan trafo?
2. Bagaimana tingkat akurasi dari pengelompokan trafo yang telah dihasilkan?
3. Bagaimana kondisi dan karakteristik trafo pada setiap kelompok trafo gardu induk listrik di Jawa Timur?
4. Trafo manakah yang paling penting bagi perusahaan berdasarkan kondisi dan karakteristiknya?

## **1.3. Batasan Tugas Akhir**

Batasan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah:

1. Pengelompokan yang dilakukan hanya mencakup pada 201 trafo dalam gardu induk listrik di Jawa Timur.

2. Data yang digunakan adalah data beban trafo pada bulan Januari 2014 hingga Desember 2014.
3. Besar beban pada tiap trafo ditunjukkan oleh besar kapasitas terpakai yang disebut dengan utilitas dan dituliskan dalam satuan persen.
4. Analisis kondisi trafo tidak mencakup material dan sumber daya trafo.

#### **1.4. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk mengidentifikasi kondisi dan karakteristik trafo gardu induk listrik agar perusahaan mampu melakukan evaluasi dan memprioritaskan sumber daya dan tenaganya untuk pengembangan kapasitas kelompok trafo tertentu.

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat diberikan dari pengerjaan tugas akhir ini antara lain dapat membantu PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur dalam mengetahui kelompok trafo listrik pada seluruh gardu induk listrik di Jawa Timur dan karakteristik dari masing-masing kelompok sehingga dapat memudahkan PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur dalam melakukan evaluasi terhadap kapasitas trafo gardu induk listrik saat ini.

#### **1.6. Relevansi**

Relevansi penelitian tugas akhir ini terhadap penelitian area sistem informasi berada pada area sistem pendukung keputusan dengan topik data mining karena menggunakan teknik data mining seperti *clustering*. Selain itu beberapa mata kuliah sistem informasi yang mendukung penelitian tugas akhir ini adalah, Manajemen Basis Data yang digunakan dalam pengolahan data terutama tahap *preprocessing* data, Penggalan Data dan Analitika Bisnis yang digunakan dalam melakukan metode penelitian seperti *clustering* maupun klasifikasi, Metode penulisan karya ilmiah yang digunakan dalam penyusunan buku tugas akhir dengan baik dan benar.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini dijelaskan mengenai tinjauan pustaka dari tugas akhir. Bab ini berisi penelitian sebelumnya dan teori yang digunakan sebagai dasar dalam menyelesaikan tugas akhir yang bersumber dari buku, jurnal, ataupun artikel yang berfungsi agar dapat memahami konsep atau teori penyelesaian permasalahan yang ada.

#### **2.1. Penelitian Sebelumnya**

Dalam melakukan tugas akhir ini, terdapat penelitian sebelumnya yang menjadi acuan dan dasar dari pemilihan metode maupun konsep yang dilakukan. Penelitian sebelumnya tersebut antara lain dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut.

**Tabel 2.1 Penelitian Sebelumnya**

<b>Penelitian Sebelumnya</b>	<b>Penjelasan</b>
Deshani, Attygalle, Hansen, Karunaratne (2014) [4]	Penelitian ini bertujuan untuk menentukan dimana titik beban puncak listrik dalam jam tertentu per hari dan dalam hari tertentu per minggu dengan cara melakukan pengelompokan menggunakan algoritma K-Means.
Benmouiza, Cheknane (2013) [5]	Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi hasil peramalan dengan menggunakan metode algoritma K-Means.
Wang, Bian, Y. Liu, Z. Liu (2013) [6]	Penelitian ini melakukan klasifikasi beban listrik di gardu induk listrik Shandong, Cina dan menghasilkan 7



Penelitian Sebelumnya	Penjelasan
	<i>cluster</i> yang berdasarkan dari karakteristik beban listrik pada gardu induk tersebut.

Diharapkan dengan adanya penelitian sebelumnya ini dapat membantu dalam penyelesaian tugas akhir.

## 2.2. Dasar Teori

### 2.2.1. Kebutuhan Energi Listrik di Jawa Timur

Setiap wilayah Indonesia memiliki kebutuhan listrik yang berbeda-beda. Jawa Timur, sebagai provinsi dengan jumlah penduduk terbanyak kedua di Indonesia yaitu sebanyak 37.476.757 jiwa [2], memiliki kebutuhan listrik yang terus meningkat setiap tahunnya. Peningkatan kebutuhan listrik di Jawa Timur ditunjukkan pada tabel 2.1 berikut [1].

**Tabel 2.2 Kebutuhan Listrik Jawa Timur (GWh) Tahun 2009-2013**

Tahun	Rumah Tangga	Industri	Lain-Lain	Jumlah Kebutuhan
2009	8.097,40	8.970,26	3.990,54	21.058,18
2010	8.414,03	9.838,65	4.216,86	22.469,54
2011	9.085,38	10.609,40	4.323,91	24.018,69
2012	9.876,67	12.295,75	4.737,76	26.910,19
2013	10.589,17	12.737,55	5.381,39	28.708,11

Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa peningkatan kebutuhan listrik oleh pelanggan industri lebih besar dibandingkan pelanggan rumah tangga dan lain-lain.

### 2.2.2. Gardu Induk Listrik

Gardu Induk (GI) listrik merupakan bagian paling penting dalam saluran transmisi distribusi listrik dimana suatu sistem tenaga

dipusatkan pada suatu tempat berisi saluran transmisi dan distribusi, perlengkapan hubung bagi, transformator, dan peralatan pengaman serta peralatan kontrol.

Fungsi utama dari gardu induk listrik [7] adalah:

1. Untuk mengatur aliran daya listrik dari saluran transmisi ke saluran transmisi lainnya yang kemudian didistribusikan ke konsumen
2. Sebagai tempat kontrol
3. Sebagai pengaman sistem operasi
4. Sebagai tempat untuk menurunkan tegangan transmisi menjadi tegangan distribusi

Sehingga, jika dilihat dari segi manfaat dan kegunaan dari gardu induk listrik maka peralatan dan komponen dari gardu induk listrik harus memiliki keandalan yang tinggi serta optimal dalam kinerjanya sehingga masyarakat sebagai konsumen tidak merasa dirugikan oleh kinerjanya.

#### **2.2.2.1. Klasifikasi Gardu Induk Listrik Menurut Tegangan**

Menurut tegangannya, gardu induk listrik dibagi menjadi 2 [8], antara lain:

1. Gardu Induk Transmisi  
Yaitu gardu induk yang tegangan keluarannya berupa tegangan ekstra tinggi atau tegangan tinggi (GITET).
2. Gardu Induk Distribusi  
Yaitu gardu induk yang menerima suplai tenaga dari gardu induk transmisi untuk diturunkan tegangannya melalui trafo tenaga menjadi tegangan menengah (GI).

#### **2.2.2.2. *Capacity Balance Transformer***

*Capacity Balance Transformer* adalah cara mengetahui batas kapasitas transformator gardu induk dalam mendukung beban, yang dikaitkan dengan peningkatan kebutuhan tenaga listrik berdasarkan prakiraan [9]. Dengan *capacity balance*, dapat

ditentukan tahun persiapan ekstensifikasi transformator baru dan pengadaan GI baru. Syarat-syarat gardu induk antara lain:

1. Dalam satu gardu induk (GI) hanya diijinkan 3 buah transformator.
2. Kapasitas transformator tertinggi dalam setiap GI adalah 60 MVA.
3. Pembebanan transformator tidak boleh melebihi 80% dari kapasitas transformator.
4. Bila beban transformator mendekati 80%, harus dipersiapkan:
  - a) *Uprating* atau penambahan kapasitas trafo, bila kapasitas transformator masih di bawah 60 MVA.
  - b) Ditambahkan transformator baru, bila kapasitas transformator sudah 60 MVA dan di GI tersebut jumlah transformator masih kurang dari 3. Pada penambahan kapasitas daya ini tidak diikuti penarikan jaringan transmisi baru karena pembebanan tetap dibebankan pada jaringan transmisi yang telah ada [8].
  - c) Pembangunan gardu induk baru dengan transformator baru. Pembangunan gardu induk baru dilakukan jika gardu induk yang lama sudah tidak mampu untuk memenuhi kebutuhan beban dan penambahan kapasitas daya sudah tidak mungkin dilakukan karena arus yang mengalir pada konduktor penghantar jaringan transmisi telah melebihi batas kapasitas hantar arus yang diijinkan pada penghantar tersebut [8].

#### **2.2.2.3. Beban Listrik dan Beban Puncak**

Beban listrik memiliki beberapa definisi [10], antara lain:

1. Suatu peralatan yang terkoneksi dengan sistem daya sehingga mengkonsumsi energi listrik
2. Total daya aktif dan/atau reaktif yang dikonsumsi oleh suatu peralatan yang terkoneksi ke sistem daya
3. Daya keluaran suatu sistem pembangkitan
4. Bagian dari suatu sistem daya yang secara eksplisit tidak direpresentasikan model sistem, namun berlaku sebagai *single power-consuming device*.

Beban puncak didefinisikan sebagai beban listrik atau kebutuhan listrik terbesar yang terjadi selama periode tertentu. Periode tertentu dapat berupa sehari, sebulan maupun dalam setahun. Periode harian, yaitu variasi pembebanan trafo distribusi selama sehari. Kepadatan beban selalu dipakai sebagai ukuran dalam menentukan kebutuhan listrik. Suatu daerah kepadatan beban satuannya dapat berupa MVA/km<sup>2</sup> atau KVA/m<sup>2</sup> [10].

#### 2.2.2.4. Faktor Penggunaan (*Utility Factor*)

Didefinisikan sebagai perbandingan antara demand maksimum dengan kapasitas nominal dari system pencatu daya [10]. Persamaan dari definisi tersebut antara lain:

$$UF = \frac{\text{demand maksimum sistem}}{\text{kapasitas nominal sistem}} \quad (2.1)$$

Demand maksimum sistem dapat dicari kurva beban atau dengan menghitung beban terpasangnya. Demand maksimum merupakan perkaitan antara beban terpasang dengan faktor demand.

#### 2.2.3. PT. PLN (Persero)

PT. PLN (Perusahaan Listrik Negara) merupakan sebuah BUMN (Badan Usaha Milik Negara) yang memiliki fokus untuk mengurus segala aspek mengenai kelistrikan yang ada di Indonesia. Setelah terbentuk menjadi persero di tahun 1992, PT. PLN (persero) memiliki beberapa aktifitas bisnis, salah satunya

dalam bidang transmisi dan distribusi listrik. Di Jawa-Bali memiliki Sistem Interkoneksi Transmisi 500 kV dan 150 kV sedangkan di luar Jawa-Bali PLN menggunakan sistem Transmisi yang terpisah dengan tegangan 150 kV dan 70 kV [12].

Pada akhir tahun 2013, total panjang jaringan Transmisi 500 kV, 150 kV dan 70 kV mencapai 39.395 kms, jaringan Distribusi 20 kV (JTM) sepanjang 329.409 kms dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR) sepanjang 469.478 kms [1].

### 2.2.3.1. Persebaran Gardu Induk Listrik di Jawa Timur

Wilayah usaha PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur dibagi menjadi 16 daerah Pelayanan yang melayani seluruh wilayah administrasi propinsi Jawa Timur yang disebut dengan Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.1 [13].



**Gambar 2.1 Peta Kelistrikan Jawa Timur**

Gardu induk Listrik PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur tersebar di seluruh wilayah Provinsi Jawa Timur yang

berjumlah 96 buah pada tahun 2014 [14]. Daftar lengkap nama gardu induk listrik dan trafo dapat dilihat pada lampiran A.

#### 2.2.4. Metode Ward

Metode ini pertama kali diperkenalkan oleh Joe H. Ward. Jr sebagai sebuah kasus khusus dari pendekatan fungsi tujuan[15]. Metode ward merupakan salah satu teknik dari analisa *cluster* hirarki yang bersifat *agglomerative* untuk memperoleh *cluster* yang memiliki varian internal sekecil mungkin. Metode ini mengelompokkan N buah objek ke dalam  $n, n-1, n-2, \dots, 1$  *cluster* dengan banyak *cluster* tidak diketahui. Tujuannya adalah untuk meminimalkan variasi antar objek yang ada dalam satu *cluster* dan memaksimalkan variasi dengan objek yang ada di *cluster* lainnya [16].

Dalam metode Ward tahapannya adalah dengan menggabungkan dua cluster U dan V dengan meminimalkan peningkatan nilai *Sum Squared Error* didefinisikan sebagai jarak antara *cluster* U dan V. Setelah digabungkan total variasi dalam *cluster* akan berkurang. Dalam menentukan jarak antara 2 *cluster*, misal U dan V dimana persamaan (2.1) :

$$\begin{aligned}\Delta(U, V) &= \sum_{i \in U \cup V} \|\vec{x}_i - \vec{m}_U\|^2 - \sum_{i \in V} \|\vec{x}_i - \vec{m}_V\|^2 \\ &= \frac{n_U n_V}{n_U + n_V} \sum_{i \in V} \|\vec{m}_U - \vec{m}_V\|^2\end{aligned}\quad (2.2)$$

Dimana :

$\vec{m}_j$  : titik tengah dari *centroid cluster* j

$n_j$  : jumlah titik dalam *centroid cluster*

$\Delta$  : *merging cost* yang menggabungkan *cluster* A dan B

Dengan metode ini jumlah SSE dimulai dari nol karena setiap point merupakan *cluster* sendiri dan kemudian meningkat seiring dengan penggabungan *cluster*.

Total kuadrat untuk penentuan jumlah  $k$  untuk *clustering* biasanya lebih besar daripada jumlah  $k$  yang dicapai K-means. Untuk itu

biasanya metode ward digunakan untuk menentukan jumlah  $k$  dan memulai proses  $k$ -means untuk mengurangi jumlah SSE [17].

### 2.2.5. Algoritma K-Means

Algoritma K-means adalah suatu metode untuk membagi data menjadi  $K$  *cluster*. Tidak seperti metode Hierarchical *clustering*, K-means beroperasi pada pengamatan secara aktual dan menciptakan satu tingkat *cluster*. Perbedaan antara kedua metode ini menunjukkan bahwa K-means lebih sesuai untuk digunakan daripada metode Hierarchical *clustering* dalam jumlah data yang besar [4].

Konsep utama dari algoritma K-means ini adalah untuk menentukan  $K$  centroid pada setiap *cluster*. Centroid-centroid tersebut harus diletakkan pada titik yang saling berjauhan satu dengan yang lain [15]. Kemudian setiap *cluster* didefinisikan oleh anggota-anggota di dalamnya dan centroid. Centroid pada masing-masing *cluster* adalah titik dimana jumlah jarak dari semua objek dalam *cluster* adalah yang paling minimal. Algoritma K-means menghitung centroid dalam *cluster* yang berbeda untuk berbagai jarak dengan tujuan meminimalkan jumlah sesuai dengan yang telah ditentukan [4].

Berdasarkan konsep tersebut maka proses algoritma K-means [15] adalah sebagai berikut:

1. Menentukan jumlah *cluster*  $K$
2. Menginisialisasi centroid *cluster*  $K$
3. Menempatkan setiap data ke *cluster* centroid terdekat  
Untuk mengetahui centroid terdekat, jaraknya dapat dihitung dengan menggunakan jarak Euclidean. Persamaan perhitungan jarak Eucledian adalah sebagai berikut.

$$d(x_i, c_i) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - c_i)^2} \quad (2.3)$$

Dimana:

$d$  = jarak

$i$  = banyak data

$x$  = data

$c$  = centroid

4. Melakukan perhitungan ulang terhadap posisi dari centroid baru
5. Mengulang dari step 2 hingga data centroid tidak mengalami perubahan yang signifikan

Kelemahan algoritma K-Means yaitu meskipun sudah menjadi algoritma yang sering digunakan dalam teknik *clustering*, algoritma K-means masih memiliki beberapa kelemahan yaitu K-means memiliki kesulitan dalam mendeteksi *cluster* 'alami', ketika *cluster* memiliki perbedaan ukuran, ketebalan atau bentuk *cluster* tidak oval.

### 2.2.6. Dunn Index (DI)

Dunn Index bertujuan untuk mengidentifikasi kemiripan dari kelompok yang padat dan terpisah dengan baik. Dunn Index didefinisikan sebagai rasio antara jarak minimal *inter-cluster* dan jarak maksimal *intra-cluster*. *Inter-cluster* merupakan jarak dari centroid *cluster* satu dengan centroid *cluster* lainnya, sedangkan *intra-cluster* merupakan jarak data dalam suatu *cluster*. Untuk masing-masing bagian *cluster*, persamaan perhitungan Dunn Index adalah sebagai berikut [14].

$$D_x = \min_{i=1 \dots x} \left\{ \min_{j=i \dots x} \left\{ \frac{d(c_i, c_j)}{\max_{k=1 \dots x} \text{diam}(c_k)} \right\} \right\} \quad (2.4)$$

Dimana:

$\text{diam}(c)$  = diameter dari *cluster* yang mendefinisikan jarak maksimum antara 2 poin dalam sebuah *cluster*

$d(c_i, c_j)$  = ketidakmiripan antara 2 *cluster*

Ketidakmiripan antara 2 *cluster* [15] dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$d(c_i, c_j) = \min_{a \in c_i, b \in c_j} d(a, b) \quad (2.5)$$

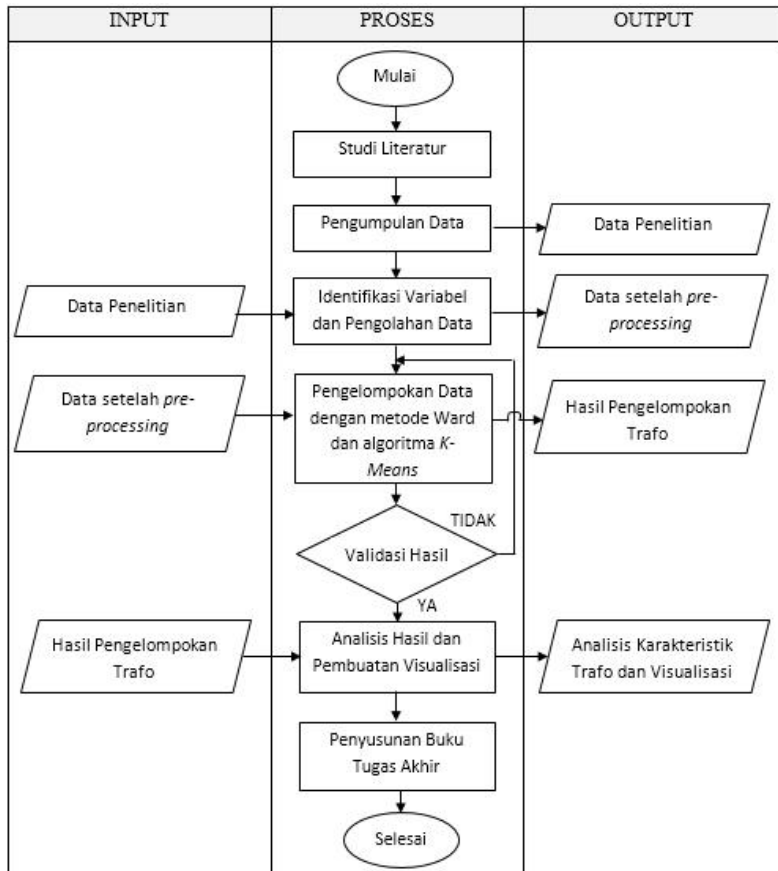
Sebuah kumpulan data dikatakan kompak dan terpisah dengan baik jika jarak antar *cluster* besar dan diameter *cluster* kecil. Dari



definisi tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai indeks Dunn yang besar menunjukkan adanya *cluster* yang kompak dan terpisah dengan baik. Dimana, jumlah *cluster* yang menghasilkan nilai indeks Dunn yang tertinggi atau terbesar adalah jumlah *cluster* yang paling optimal [18].

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai proses pengerjaan tugas akhir. Penjelasan akan diberikan dalam bentuk flowchart yang meliputi tahapan-tahapan dalam pengerjaan tugas akhir. Flowchart dari alur pengerjaan akan ditunjukkan oleh gambar 3.1 berikut.



**Gambar 3.1 Alur Pengerjaan Tugas Akhir**

### 3.1. Studi Literatur

Tahapan pertama yang dilakukan dalam pengerjaan tugas akhir adalah studi literatur. Pada tahapan ini, penulis melakukan studi literatur mengenai teori dan penelitian-penelitian sebelumnya yang digunakan sebagai dasar dalam pengerjaan tugas akhir. Studi literatur ini meliputi kebutuhan energi listrik di Jawa Timur, gardu induk listrik, klasifikasi gardu induk listrik, *capacity balance transformator*, beban listrik dan beban puncak, faktor penggunaan (*utility factor*), PT. PLN (Persero), persebaran gardu induk listrik di Jawa Timur, Metode Ward, Algoritma K-Means, dan Validasi Dunn Index.

### 3.2. Pengumpulan Data

Pada tahapan ini, penulis mengumpulkan data-data gardu induk listrik PT. PLN (Persero) di Jawa Timur beserta kapasitas dan beban listrik harian pada Januari 2014 hingga Desember 2014. Pengumpulan data ini dilakukan melalui wawancara dengan Bapak Ramdani pada bagian Perencanaan Sistem Kelistrikan dan dengan Bapak Wahyu pada bagian APD di PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur. Setelah melakukan wawancara, data didapatkan dalam bentuk *softcopy* Microsoft Excel.

### 3.3. Identifikasi Variabel

Pada tahapan ini, dari hasil studi literatur penulis mengidentifikasi variabel-variabel yang akan digunakan dalam penelitian dari data yang telah diperoleh. Data yang didapatkan adalah data dengan variabel nama gardu induk, nomor trafo, Area Pengatur Distribusi (APD), Area Pelayanan dan Jaringan (APJ), kapasitas, beban puncak harian siang, dan beban puncak harian malam. Data tersebut kemudian diolah dengan melakukan *pre-processing data* menjadi input penelitian yang terdiri dari variabel nama\_trafo, waktu, kapasitas, dan utilitas.

### **3.4. Pengelompokan Data dengan Metode Ward dan Algoritma K-Means**

Pada tahapan ini, setelah identifikasi data yang dibutuhkan selesai, mulailah dilakukan pengelompokan data. Metode Ward digunakan untuk membantu menentukan jumlah *cluster* optimal yang akan digunakan pada proses *clustering* dengan algoritma K-Means. Untuk menghitung jumlah *cluster* dengan metode Ward, aplikasi yang digunakan adalah SPSS yaitu aplikasi yang banyak digunakan dalam perhitungan statistik. Setelah mendapatkan nilai  $k$  maka selanjutnya adalah memasukkan nilai  $k$  ke algoritma K-means pada proses *clustering*. Proses *clustering* ini dilakukan dengan menggunakan alat bantu SPSS agar dapat diketahui anggota dari tiap *cluster* dan jarak anggota tersebut ke centroid.

### **3.5. Validasi Hasil**

Setelah pengelompokan data selesai, maka selanjutnya adalah melakukan validasi terhadap hasil pengelompokan dengan menggunakan Dunn Index. Validasi ini dilakukan untuk menentukan jumlah *cluster* yang paling optimal. Dari proses validasi ini dapat diketahui tingkat akurasi dari hasil pengelompokan. Perhitungan validasi ini dilakukan dengan menggunakan aplikasi R.

### **3.6. Analisis Hasil dan Pembuatan Visualisasi**

Setelah data selesai dikelompokkan dan diketahui tingkat akurasinya, selanjutnya adalah tahapan analisis hasil pengelompokan. Pada tahap ini dilakukan analisis karakteristik beban listrik pada masing-masing kelompok yaitu kondisi dan karakteristik masing-masing trafo gardu induk listrik berdasarkan zona waktu, kapasitas, utilitas, bulan, dan Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) trafo. Dengan karakteristik ini dapat diketahui trafo gardu induk listrik mana yang dapat diprioritaskan oleh perusahaan dalam pengembangannya.

Setelah karakteristik dari masing-masing kelompok selesai dianalisis, dibuatlah visualisasi dari hasil pengelompokan untuk

memudahkan pemahaman mengenai hasil. Visualisasi ini juga bertujuan untuk memudahkan pemahaman mengenai hasil analisis antara kelompok satu dengan kelompok lainnya.

### **3.7. Penyusunan Buku Tugas Akhir**

Tahap ini merupakan tahapan terakhir dalam pengerjaan tugas akhir ini. Pada tahapan ini, penulis menyusun serangkaian kegiatan Tugas Akhir dalam buku Tugas Akhir yang berisi dokumentasi langkah-langkah serta hasil pengerjaan dalam semua proses metode penelitian.

## **BAB IV PERANCANGAN**

Pada bab ini akan dijelaskan bagaimana rancangan dari penelitian tugas akhir yang meliputi subyek dan obyek dari penelitian, pemilihan subyek dan obyek penelitian dan bagaimana penelitian akan dilakukan.

### **4.1. Pengumpulan Data**

Pengumpulan data merupakan hal yang mutlak harus dilakukan untuk penelitian ini karena hal ini menjadi dasar untuk menuju proses *clustering*. Proses pengumpulan data dilakukan melalui wawancara. Wawancara digunakan untuk memahami proses bisnis perusahaan khususnya dalam hal sistem kelistrikan, permasalahan yang terjadi pada perusahaan, dan bagaimana perusahaan menangani permasalahan tersebut. Wawancara dilakukan terhadap beberapa orang pada bidang terkait, yaitu bagian Perencanaan Sistem dan Area Perencanaan Distribusi (APD) di PT. PLN (Persero) Jawa Timur.

Dari proses wawancara yang dilakukan penulis, dihasilkan data beban harian pada 201 trafo Gardu Induk listrik di Jawa Timur sejumlah 73.365 baris data pada tahun 2014. Data tersebut kemudian dimasukkan ke dalam Ms. Excel secara manual dengan atribut yang terlihat pada tabel 4.1 sebagai berikut. Untuk data beban secara lengkap dari 201 trafo gardu induk listrik akan ditunjukkan pada lampiran A.

**Tabel 4.1 Beberapa Data Beban pada Ms. Excel**

<b>Trafo</b>	<b>APD</b>	<b>APJ</b>	<b>Bulan</b>	<b>Hari</b>	<b>Zona_Waktu</b>	<b>Beban</b>	<b>Kapasitas</b>	<b>Utilitas</b>
ALTA PRIMA1	TENGAH	GSK	JUNI	MINGGU	SIANG	843	30	97.338
ALTA PRIMA2	TENGAH	GSK	NOVEMBER	RABU	SIANG	749	60	43.242
BABADAN1	TENGAH	SBB	JUNI	RABU	SIANG	1348	50	93.389
BABADAN2	TENGAH	SBB	SEPTEMBER	KAMIS	SIANG	1341	50	92.904
BABAT1	BARAT	BJG	MARET	MINGGU	MALAM	792	30	91.45
BABAT2	BARAT	BJG	MEI	SABTU	SIANG	820	30	94.683
BALONG BENDO1	TENGAH	SDA	MARET	RABU	SIANG	1689	60	97.512
BALONG BENDO3	TENGAH	SDA	NOVEMBER	SABTU	SIANG	1555	60	89.775
BANARAN4	BARAT	KDR	FEBRUARI	JUMAT	MALAM	760	30	87.755
BANARAN5	BARAT	KDR	OKTOBER	JUMAT	MALAM	1660	60	95.837
BANGIL3	TIMUR	PSR	SEPTEMBER	SENIN	SIANG	1315	60	75.919
BANGIL4	TIMUR	PSR	DESEMBER	SELASA	SIANG	448	20	77.594
BANGKALAN1	TENGAH	PKS	NOVEMBER	SELASA	MALAM	490	20	84.868
BANGKALAN2	TENGAH	PKS	DESEMBER	RABU	MALAM	786	30	90.757

<b>Trafo</b>	<b>APD</b>	<b>APJ</b>	<b>Bulan</b>	<b>Hari</b>	<b>Zona_Waktu</b>	<b>Beban</b>	<b>Kapasitas</b>	<b>Utilitas</b>
BANYUWANGI 1	TIMUR	BW G	SEPTEMBER	MINGGU	MALAM	824	30	95.145
BANYUWANGI 2	TIMUR	BW G	MEI	RABU	SIANG	975	60	56.29
BANYUWANGI 3	TIMUR	BW G	OKTOBER	JUMAT	MALAM	815	30	94.105
BLIMBING1	TIMUR	MLG	JANUARI	SELASA	MALAM	524	20	90.757
BLIMBING2	TIMUR	MLG	JUNI	RABU	MALAM	680	30	78.517
BLIMBING3	TIMUR	MLG	DESEMBER	JUMAT	MALAM	580	30	66.971
BLITAR1	BARAT	KDR	MARET	SELASA	MALAM	789	30	91.103
BLITAR2	BARAT	KDR	DESEMBER	RABU	MALAM	840	30	96.992
BOJONEGORO1	BARAT	BJG	NOVEMBER	RABU	MALAM	515	20	89.198
BOJONEGORO3	BARAT	BJG	JULI	JUMAT	MALAM	1560	60	90.064
BONDOWOSO1	TIMUR	STB	MARET	RABU	MALAM	492	30	56.81
BONDOWOSO2	TIMUR	STB	OKTOBER	SELASA	MALAM	481	20	83.309
BUDURAN2	TENGAH	SDA	JUNI	KAMIS	SIANG	1704	60	98.378
BUDURAN3	TENGAH	SDA	MEI	RABU	SIANG	1430	60	82.559
BUDURAN4	TENGAH	SDA	JANUARI	JUMAT	MALAM	1594	60	92.027



## 4.2. Proses Penyeleksian dan Pembersihan Data

Setelah mendapatkan data pada tahap pengumpulan data maka selanjutnya adalah melakukan *preprocessing* data. *Preprocessing* data merupakan tahapan penyesuaian data sebelum memasuki proses *clustering*. Beberapa proses yang dilakukan pada *preprocessing* data yaitu penyeleksian data, pembersihan data, dan perubahan data.

Data yang telah diperoleh dari hasil pengumpulan data memiliki isian yang tidak sempurna seperti data yang hilang, data yang tidak valid, atau data yang salah ketik. Selain itu juga terdapat data yang tidak relevan dengan hipotesa yang akan dilakukan. Sehingga data-data yang tidak relevan dan data yang tidak sempurna tersebut akan dihilangkan pada proses penyeleksian dan pembersihan data ini.

### 4.2.1. Identifikasi Atribut

Penjelasan dari atribut yang terdapat pada data beban dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut.

**Tabel 4.2 Identifikasi Atribut Data Beban**

<b>Atribut</b>	<b>Keterangan</b>
Trafo	Nama trafo pada setiap gardu induk listrik
APD	Wilayah penanggung jawab pengaturan distribusi listrik dari gardu induk listrik
APJ	Wilayah penanggung jawab pelayanan dan jaringan listrik
Bulan	Bulan dimana beban maksimal terjadi pada tahun 2014
Hari	Hari dimana beban maksimal terjadi dalam 1 minggu
Zona Waktu	Waktu dimana beban maksimal

Atribut	Keterangan
	terjadi dalam 1 hari
Beban	Jumlah listrik yang dibebankan pada trafo dengan satuan Ampere
Kapasitas	Kapasitas trafo gardu induk listrik dengan satuan MVA
Utilitas	Persentase beban listrik maksimal pada trafo dibandingkan dengan kapasitas trafo

#### 4.2.2. Uji Korelasi

Proses selanjutnya adalah uji korelasi. Dengan menggunakan uji korelasi, dapat diketahui atribut yang memberikan nilai signifikan yang diperlukan dalam proses *clustering*. Sebelum memasukkan data ke SPSS untuk dilakukan uji korelasi, terdapat sebagian data yang diubah tipe datanya dari *string* ke *numeric*, yaitu data APD, APJ, Bulan, Hari, dan Zona\_Waktu.

Langkah pertama adalah perubahan nilai APD yang dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut.

**Tabel 4.3 Perubahan Nilai Atribut Wilayah\_APD**

APD	Perubahan
Timur	1
Tengah	2
Barat	3

Langkah selanjutnya adalah merubah nilai APJ yang dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut.

**Tabel 4.4 Perubahan Nilai Atribut APJ**

APJ	Perubahan
SBU	1
SBB	2

<b>APJ</b>	<b>Perubahan</b>
SBS	3
SDA	4
GSK	5
BJG	6
KDR	7
PSR	8
BWG	9
PKS	10
MLG	11
STB	12
MDN	13
MJK	14
JBR	15
PNG	16

Kemudian merubah nilai Bulan yang dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut.

**Tabel 4.5 Perubahan Nilai Atribut Bulan**

<b>Bulan</b>	<b>Perubahan</b>
Januari	1
Februari	2
Maret	3
April	4
Mei	5
Juni	6
Juli	7
Agustus	8
September	9
Oktober	10
November	11
Desember	12

Selanjutnya adalah merubah nilai Hari yang dapat dilihat pada tabel 4.6 berikut.

**Tabel 4.6 Perubahan Nilai Atribut Hari**

<b>Hari</b>	<b>Perubahan</b>
Senin	1
Selasa	2
Rabu	3
Kamis	4
Jumat	5
Sabtu	6
Minggu	7

Dan perubahan yang terakhir adalah merubah nilai Zona\_Waktu yang dapat dilihat pada tabel 4.7 berikut.

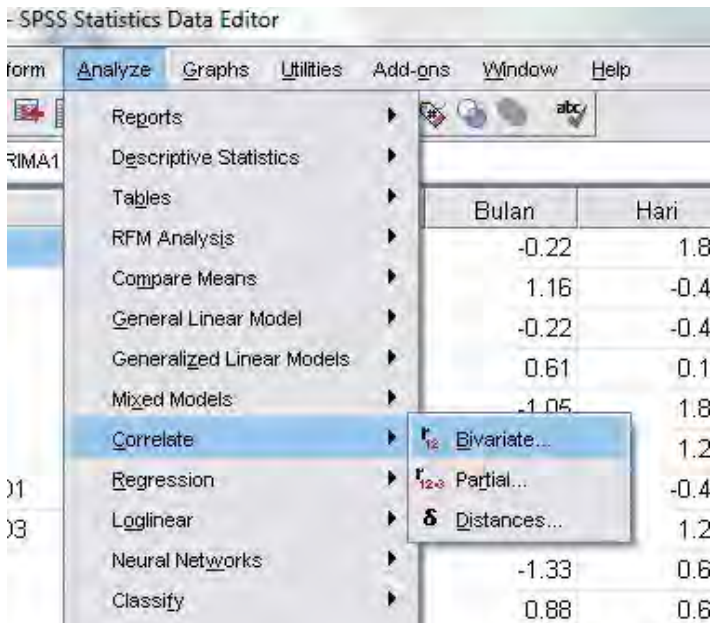
**Tabel 4.7 Perubahan Nilai Atribut Zona\_Waktu**

<b>Zona_Waktu</b>	<b>Perubahan</b>
Siang	1
Malam	2

Setelah seluruh data yang bertipe *string* selesai diubah menjadi *numeric*, maka selanjutnya adalah melakukan uji korelasi melalui menu *Analyze > Correlate > Bivariate* seperti yang dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut.

Menu *Analyze* pada SPSS ini berisi berbagai fungsi yang banyak digunakan dalam perhitungan statistik seperti mencari statistik deskriptif pada data, analisis RFM, uji korelasi, uji regresi, neural network, klasifikasi atau *clustering*, peramalan, dan lain sebagainya. Kemudian menu *Correlate* adalah menu yang digunakan untuk melakukan uji korelasi. Dalam menu

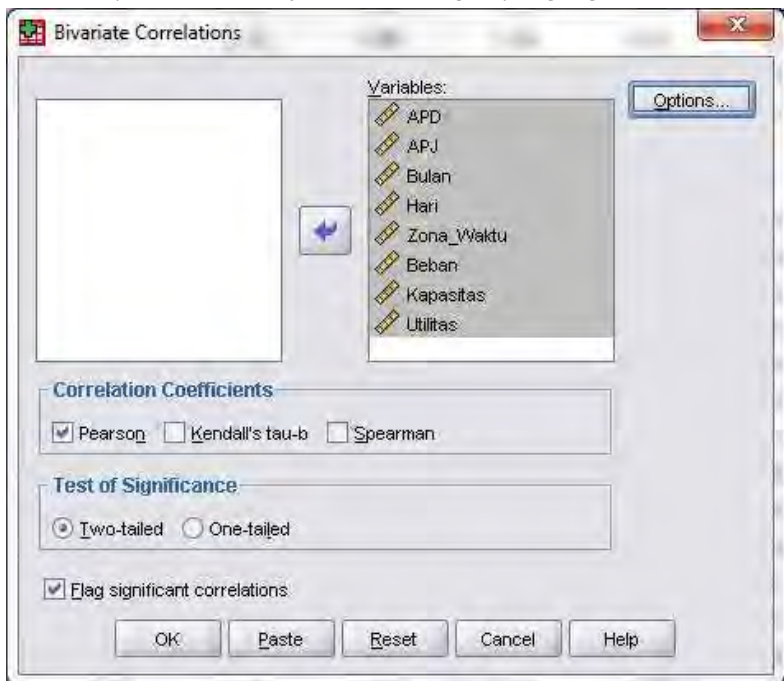
*Correlate* ini terdapat pilihan *Bivariate*, *Partial*, dan *Distances*. *Bivariate* digunakan untuk mengetahui korelasi atau hubungan antar 2 variabel, *Partial* digunakan untuk mengetahui korelasi atau hubungan antar 2 variabel atau lebih, dan *Distances* digunakan untuk mengetahui korelasi atau hubungan berdasarkan jarak seperti jarak tiap case atau jarak tiap variabel dan menggunakan ukuran kemiripan atau ketidak miripan. Pada penelitian ini menu yang dipilih adalah *Bivariate*.



**Gambar 4.1 Menu SPSS untuk Melakukan Uji Korelasi**

Kemudian muncul jendela baru Bivariate Correlations. Masukkan seluruh atribut ke dalam kotak *Variables* untuk mengetahui hubungan antar variabel dari seluruh atribut yang ada seperti pada gambar 4.2 berikut. Kemudian pada *Correlation Coefficients* terdapat pilihan *Pearson*, *Kendall's tau-b*, dan *Spearman*. *Pearson* adalah yang paling banyak

digunakan dalam statistik untuk mengukur tingkat hubungan antara variabel linear yang saling terkait. *Kendall's tau-b* adalah sebuah uji non-parametrik yang digunakan untuk mengukur kekuatan dari ketergantungan antara 2 variabel. Dan yang terakhir *Spearman* adalah sebuah uji non-parametrik yang digunakan untuk mengukur tingkat asosiasi antara 2 variabel [22]. Disini yang dipilih adalah *Pearson* karena yang ingin diketahui adalah tingkat hubungan antar variabel. Kemudian beri tanda pada *Flag significant correlations* agar hasil dari uji korelasinya akan menunjukkan hubungan yang signifikan.



**Gambar 4.2 Jendela Bivariate Correlations**

Maka selanjutnya akan muncul hasil dari uji korelasi seperti yang dapat dilihat pada gambar 4.3 berikut. Hasil uji korelasi tersebut menunjukkan hubungan antar 2 variabel dari seluruh variabel yang ada.

		Correlations							
		APD	APJ	Bulan	hari	Zona_Waktu	Beban	Kapasitas	Utilitas
APD	Pearson Correlation	1	.950	.063	.082	.086	.028	-.064	.127
	Sig. (2-tailed)		.484	.271	.258	.225	.718	.366	.872
	Sum of Squares and Cross-products	199.999	8.929	12.685	16.309	17.204	-5.125	-12.817	35.442
	Covariance	1.000	.850	.063	.082	.086	.028	-.064	.127
	N	201	201	201	201	201	201	201	201
APJ	Pearson Correlation	.950	1	.053	.038	.188 <sup>*</sup>	-.271 <sup>**</sup>	-.273 <sup>**</sup>	.301
	Sig. (2-tailed)	.484		.456	.588	.018	.000	.000	.394
	Sum of Squares and Cross-products	8.929	200.000	10.579	7.688	33.276	-54.225	-54.653	.103
	Covariance	.850	1.000	.053	.038	.188	-.271	-.273	.301
	N	201	201	201	201	201	201	201	201
Bulan	Pearson Correlation	.063	.053	1	-.030	.111	-.144 <sup>*</sup>	-.080	-.073
	Sig. (2-tailed)	.271	.456		.677	.117	.041	.258	.306
	Sum of Squares and Cross-products	12.685	10.579	200.000	-5.905	22.204	-28.835	-18.007	-14.505
	Covariance	.063	.053	1.000	-.030	.111	-.144	-.080	-.073
	N	201	201	201	201	201	201	201	201
hari	Pearson Correlation	.082	.038	-.030	1	.079	-.031	-.066	.044
	Sig. (2-tailed)	.258	.588	.677		.267	.662	.350	.532
	Sum of Squares and Cross-products	16.309	7.688	-5.905	200.000	15.738	-8.205	-13.246	8.870
	Covariance	.082	.038	-.030	1.000	.079	-.031	-.066	.044
	N	201	201	201	201	201	201	201	201
Zona_Waktu	Pearson Correlation	.086	.188 <sup>*</sup>	.111	.079	1	-.181 <sup>**</sup>	-.271 <sup>**</sup>	.146
	Sig. (2-tailed)	.225	.018	.117	.267		.010	.000	.039
	Sum of Squares and Cross-products	17.204	33.276	22.204	15.738	200.000	-36.194	-54.247	29.202
	Covariance	.086	.188	.111	.079	1.000	-.181	-.271	.146
	N	201	201	201	201	201	201	201	201
Beban	Pearson Correlation	.028	-.271 <sup>**</sup>	-.144 <sup>*</sup>	-.031	-.181 <sup>**</sup>	1	.701 <sup>**</sup>	.292 <sup>**</sup>
	Sig. (2-tailed)	.718	.000	.041	.682	.010		.000	.000
	Sum of Squares and Cross-products	-5.125	-54.225	-28.835	-8.205	-36.194	200.000	140.238	58.322
	Covariance	.028	-.271	-.144	-.031	-.181	1.000	.701	.292
	N	201	201	201	201	201	201	201	201
Kapasitas	Pearson Correlation	-.064	-.273 <sup>**</sup>	-.080	-.066	-.271 <sup>**</sup>	.701 <sup>**</sup>	1	-.449 <sup>**</sup>
	Sig. (2-tailed)	.366	.000	.259	.350	.000	.000		.000
	Sum of Squares and Cross-products	-12.817	-54.653	-18.007	-13.246	-54.247	140.238	200.000	-89.785
	Covariance	-.064	-.273	-.080	-.066	-.271	.701	1.000	-.449
	N	201	201	201	201	201	201	201	201
Utilitas	Pearson Correlation	.127	.301	-.073	.044	.146	.292 <sup>**</sup>	-.449 <sup>**</sup>	1
	Sig. (2-tailed)	.872	.000	.306	.532	.039	.000	.000	
	Sum of Squares and Cross-products	35.442	.103	-14.505	8.870	29.202	58.322	-89.785	199.999
	Covariance	.127	.301	-.073	.044	.146	.292	-.449	1.000
	N	201	201	201	201	201	201	201	201

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Gambar 4.3 Uji Korelasi

Dari hasil uji korelasi, data dikatakan menunjukkan tingkat korelasi tinggi jika nilai signifikansinya  $> 0.05$ , hasil signifikansi 99%, dan ditandai dengan notasi \*\*. Beberapa atribut yang signifikan dan tidak signifikan ditunjukkan pada tabel 4.8 berikut.

**Tabel 4.8 Nilai Signifikansi Atribut**

Atribut	APD	APJ	Bulan	Hari	Zona_Waktu	Beban	Kapasitas	Utilitas
APD	1	.050	.063	.082	.086	.064	.026	.127
APJ	.050	1	.053	.038	.166	.271	.273	.001
Bulan	.063	.053	1	.030	.111	.144	.080	.073
Hari	.082	.038	.030	1	.079	.031	.066	.044
Zona_Waktu	.086	.166	.111	.079	1	.181	.271	.146
Beban	.026	.271	.144	.031	.181	1	.701	.292
Kapasitas	.064	.273	.080	.066	.271	.701	1	.449
Utilitas	.127	.001	.073	.044	.146	.292	.449	1



Pada tabel 4.8 terdapat nilai dengan angka berwarna biru yang menunjukkan bahwa atribut tersebut memiliki tingkat korelasi tinggi sebesar 95%. Nilai dengan angka berwarna hijau juga menunjukkan tingkat korelasi tinggi sebesar 99%. Sedangkan nilai dengan angka berwarna merah menunjukkan bahwa atribut tersebut memiliki tingkat korelasi rendah.

Dari hasil uji korelasi yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan atribut yang memiliki tingkat korelasi tinggi, yaitu:

1. Atribut APJ
2. Atribut Bulan
3. Atribut Zona\_Waktu
4. Atribut Beban
5. Atribut Kapasitas
6. Atribut Utilitas

#### **4.2.3. Pemilihan Atribut yang Digunakan**

Setelah dilakukan uji korelasi untuk mendapatkan data dengan tingkat korelasi tinggi, maka dapat diketahui atribut apa saja yang relevan untuk digunakan pada proses *clustering*.

Atribut yang digunakan untuk proses *clustering* adalah atribut dengan tingkat korelasi 99%, yaitu:

1. Atribut Zona\_Waktu
2. Atribut Kapasitas
3. Atribut Utilitas

Atribut Beban tidak digunakan karena nilainya sebanding dan saling berkorelasi dengan atribut Utilitas. Sedangkan untuk Atribut APJ dan Atribut Bulan digunakan untuk analisis hasil *clustering*.

### **4.3. Proses Perubahan Data**

Tahap terakhir dalam *preprocessing* data adalah *transformasi* atau perubahan data. Pada proses perubahan data ini dilakukan perubahan nilai atribut dan standarisasi data. Perubahan nilai

atribut diperlukan untuk mengubah data bertipe *string* dan *categorical* menjadi *numeric* agar data dapat diolah untuk proses selanjutnya yaitu standarisasi data. Kemudian standarisasi data adalah perubahan data ke unit yang lebih standar yaitu standar deviasi sebagai ukurannya. Standarisasi data ini diperlukan agar data dapat digunakan untuk proses *clustering*. Dalam proses standarisasi data, terdapat proses normalisasi data yang digunakan untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal atau tidak. Data berdistribusi normal diperlukan untuk statistik parametris seperti uji regresi, korelasi, dan ANOVA. Sedangkan hasil dari normalisasi data ini adalah data yang telah distandarisasi [21][22].

#### 4.3.1. Merubah Nilai Atribut

Setelah melakukan proses penyeleksian dan pembersihan data, selanjutnya adalah melakukan proses perubahan data. Sebelum dilakukan pengerjaan algoritma, nilai data harus diubah. Nilai data yang bertipe *string* dan *categorical* akan diubah menjadi bertipe *numeric*. Perubahan nilai atribut ini menggunakan cara yang sama dengan tahap uji korelasi yang telah dijelaskan pada sub bab 4.2.2. Hasil perubahan nilai atribut untuk proses *clustering* dapat dilihat pada tabel 4.9 berikut.

**Tabel 4.9 Perubahan Nilai Atribut Proses *Clustering***

Trafo	Zona_Waktu	Kapasitas	Utilitas
ALTA PRIMA1	1	30	97.338
ALTA PRIMA2	1	60	43.242
BABADAN1	1	50	93.389
BABADAN2	1	50	92.904
BABAT1	2	30	91.45
BABAT2	1	30	94.683
BALONG BENDO1	1	60	97.512
BALONG BENDO3	1	60	89.775

<b>Trafo</b>	<b>Zona_Waktu</b>	<b>Kapasitas</b>	<b>Utilitas</b>
BANARAN4	2	30	87.755
BANARAN5	2	60	95.837
BANGIL3	1	60	75.919
BANGIL4	1	20	77.594
BANGKALAN1	2	20	84.868
BANGKALAN2	2	30	90.757
BANYUWANGI1	2	30	95.145
BANYUWANGI2	1	60	56.29
BANYUWANGI3	2	30	94.105
BLIMBING1	2	20	90.757
BLIMBING2	2	30	78.517
BLIMBING3	2	30	66.971
BLITAR1	2	30	91.103
BLITAR2	2	30	96.992
BOJONEGORO1	2	20	89.198
BOJONEGORO3	2	60	90.064
BONDOWOSO1	2	30	56.81
BONDOWOSO2	2	20	83.309
BUDURAN2	1	60	98.378
BUDURAN3	1	60	82.559
BUDURAN4	2	60	92.027
BUDURAN5	1	20	97.858
BULU KANDANG1	1	60	57.156
BULU KANDANG2	1	30	78.633
BUMICOKRO1	1	50	92.212
BUMICOKRO2	1	60	84.579
CARUBAN1	2	20	98.724
CARUBAN2	1	30	38.335

Trafo	Zona_Waktu	Kapasitas	Utilitas
CERME1	2	30	93.99
DARMO GRAND1	2	50	93.32

#### 4.3.2. Standarisasi Data

Tahap selanjutnya adalah standarisasi nilai pada data yang telah dilakukan perubahan nilai atribut. Nilai-nilai yang didapatkan memiliki perbedaan nilai yang cukup jauh sehingga memungkinkan besarnya tingkat ketidak akuratan hasil *clustering* yang didapatkan.

Nilai standarisasi ini didapatkan dengan melakukan fungsi standarisasi data pada Ms. Excel dengan mencari nilai mean dan nilai standar deviasi dari setiap atribut terlebih dahulu.

Rumus Mean pada Ms. Excel yaitu sebagai berikut.

$$= \text{AVERAGE}(x1;x201) \quad (4.1)$$

Sedangkan untuk rumus Standar Deviasi pada Ms. Excel yaitu sebagai berikut.

$$= \text{STDEV.P}(x1;x201) \quad (4.2)$$

Kemudian untuk mendapatkan nilai Standarisasi pada Ms. Excel yaitu dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$S = \text{STANDARDIZE}(x;\text{mean};\text{stand}_{\text{dev}}) \quad (4.3)$$

Hasil standarisasi nilai data dapat dilihat pada tabel 4.10 berikut.

**Tabel 4.10 Hasil Standarisasi Nilai Data**

<b>Trafo</b>	<b>Zona_Waktu</b>	<b>Kapasitas</b>	<b>Utilitas</b>
ALTA PRIMA1	-1.08579	-0.74885	1.122937
ALTA PRIMA2	-1.08579	1.017803	-1.56582
BABADAN1	-1.08579	0.428919	0.92666
BABADAN2	-1.08579	0.428919	0.902556
BABAT1	0.916408	-0.74885	0.830244
BABAT2	-1.08579	-0.74885	0.990938
BALONG BENDO1	-1.08579	1.017803	1.131545
BALONG BENDO3	-1.08579	1.017803	0.747027
BANARAN4	0.916408	-0.74885	0.646593
BANARAN5	0.916408	1.017803	1.048329
BANGIL3	-1.08579	1.017803	0.058338
BANGIL4	-1.08579	-1.33773	0.141555
BANGKALAN1	0.916408	-1.33773	0.503117
BANGKALAN2	0.916408	-0.74885	0.795809
BANYUWANGI1	0.916408	-0.74885	1.013894
BANYUWANGI2	-1.08579	1.017803	-0.9173
BANYUWANGI3	0.916408	-0.74885	0.962243
BLIMBING1	0.916408	-1.33773	0.795809
BLIMBING2	0.916408	-0.74885	0.187468
BLIMBING3	0.916408	-0.74885	-0.38644
BLITAR1	0.916408	-0.74885	0.813027
BLITAR2	0.916408	-0.74885	1.105719
BOJONEGORO1	0.916408	-1.33773	0.718332
BOJONEGORO3	0.916408	1.017803	0.761375

## **BAB V**

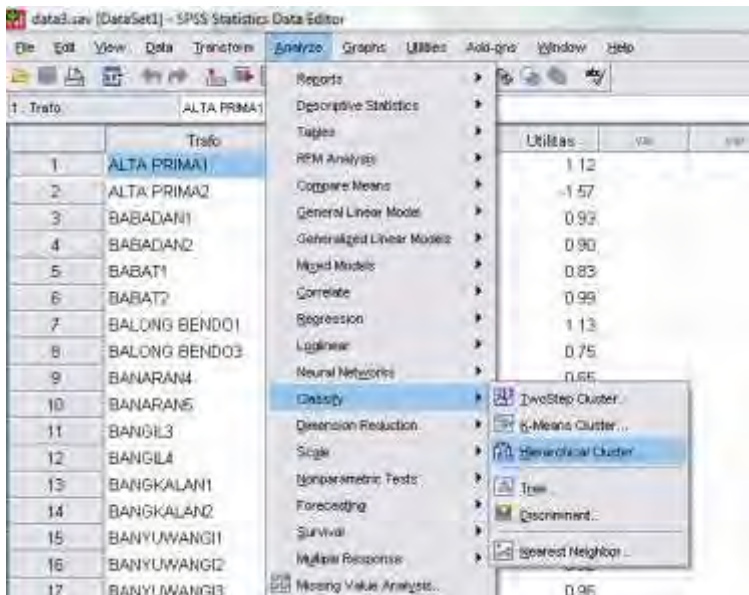
### **IMPLEMENTASI**

Pada bab ini berisi tentang proses pengolahan data yang didapatkan dari tahap rancangan sebelumnya dan proses implementasi *data mining* dengan menggunakan metode *clustering*. Selain itu juga dijelaskan bagaimana hasil validasi dari hasil proses *clustering* yang telah dilakukan.

#### **5.1. Penentuan Jumlah *Cluster* menggunakan Metode Ward**

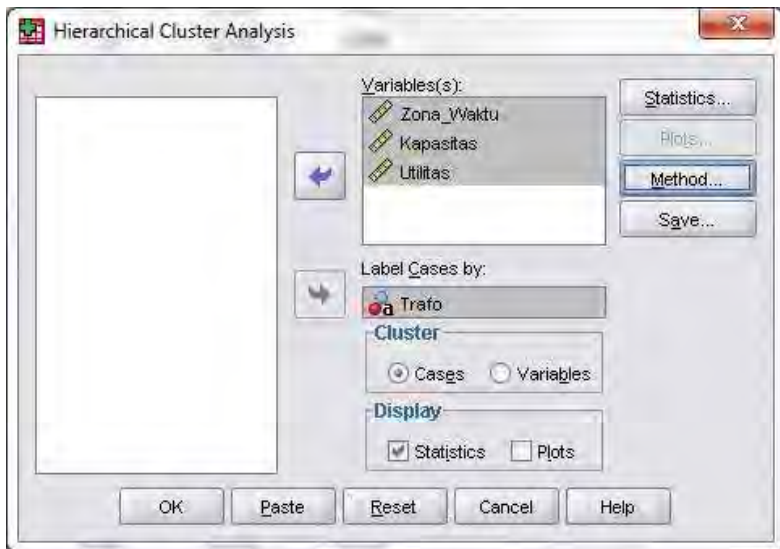
Metode Ward merupakan metode yang digunakan dalam penelitian ini untuk membantu menentukan jumlah *cluster* optimal yang akan digunakan pada proses *clustering* dengan algoritma K-Means. Untuk menghitung jumlah *cluster* dengan metode Ward, aplikasi yang digunakan adalah SPSS melalui menu *Analyze > Classify > Hierarchical Cluster* seperti yang dapat dilihat pada gambar 5.1 berikut.

Menu *Analyze* pada SPSS ini berisi berbagai fungsi yang banyak digunakan dalam perhitungan statistik seperti mencari statistik deskriptif pada data, analisis RFM, uji korelasi, uji regresi, neural network, klasifikasi atau *clustering*, peramalan, dan lain sebagainya. Kemudian menu *Classify* merupakan menu yang digunakan untuk melakukan klasifikasi pada data atau disebut juga dengan *clustering*. Dalam menu *Classify* terdapat beberapa pilihan metode yaitu TwoStep Cluster, K-Means Cluster, dan Hierarchical Cluster. Selanjutnya yang dipilih adalah menu *Hierarchical Cluster* yang didalamnya terdapat metode-metode *clustering* berdasarkan hirarki dari data.



**Gambar 5.1 Menu SPSS untuk Menentukan Jumlah Cluster dengan Metode Ward**

Selanjutnya akan muncul jendela baru Hierarchical Cluster Analysis. Masukkan atribut Trafik ke dalam kotak *Label Cases by*, yaitu atribut yang akan ditentukan kelompok *cluster*-nya, dan atribut Zona\_Waktu, Kapasitas, dan Utilitas ke dalam kotak *Variables(s)* sebagai atribut yang digunakan dalam proses *clustering* seperti contoh pada gambar 5.2. Kemudian klik tombol *Method* pada bagian kanan untuk memilih metode yang digunakan dari berbagai macam metode hirarki yang ada.



**Gambar 5.2** Jendela Hierrchical Cluster Analysis

Maka selanjutnya akan muncul jendela baru yaitu Hierarchical Cluster Analysis: Method seperti pada gambar 5.3. Pada jendela ini terdapat *drop-down box* pada label Cluster Method dimana didalamnya terdapat metode-metode hirarki pada *clustering* yang dapat dipilih untuk digunakan. Disini pilih *Ward's method* karena metode *clustering* yang digunakan untuk penentuan jumlah *cluster* optimal pada penelitian ini adalah menggunakan metode Ward. Setelah memilih metode kemudian cukup klik tombol Continue dan akan kembali ke jendela sebelumnya dan klik OK untuk mendapatkan hasilnya.





**Gambar 5.3** Jendela Hierarchical Cluster Analysis: Method

Hasil yang didapatkan dari analisa menggunakan SPSS yaitu tabel *Agglomeration Schedule* yang menunjukkan solusi untuk setiap jumlah *cluster* sesuai dengan jumlah data yang diinputkan. Jumlah *cluster* yang optimal didapatkan dengan melihat loncatan nilai koefisien terbesar yang pertama. Hasil pada tabel *Agglomeration Schedule* dapat dilihat pada tabel 5.1 berikut.

**Tabel 5.1** Bagian tabel *agglomeration schedule* dengan SPSS

Stage	Cluster	Coefficients	Coefficients Difference
190	10	48.500	5.173
191	9	53.738	5.238
192	8	60.157	6.418
193	7	73.332	13.175
194	6	89.005	15.672

Stage	Cluster	Coefficients	Coefficients Difference
195	5	112.277	23.273
<b>196</b>	<b>4</b>	<b>139.387</b>	27.110
197	3	203.471	<b>64.083</b>
198	2	272.065	68.594
199	1	378.719	106.655
200	0	599.999	221.280

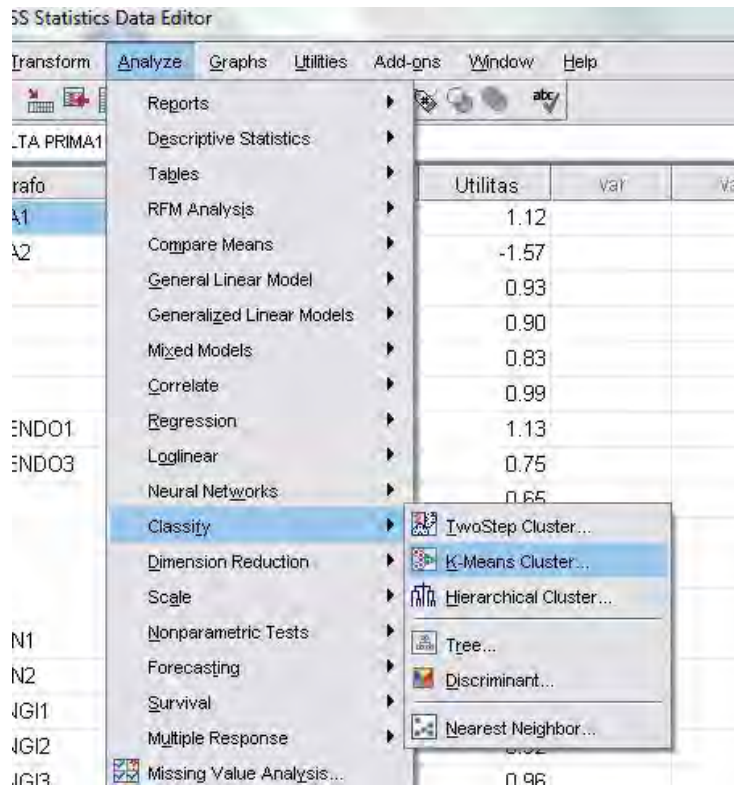
Pada tabel 5.1 terlihat bahwa besar loncatan keofisien antara *stage* 196 dengan 197 adalah sebesar 64.083 dan merupakan loncatan terbesar pertama diantara *stage* lainnya. Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa jumlah *cluster* yang optimal untuk digunakan pada *clustering* dengan algoritma *k-means* adalah sejumlah 4 *cluster*.

## 5.2. Proses *Clustering* menggunakan Algoritma K-Means

Setelah melakukan metode Ward didapatkan jumlah *cluster* yang optimal adalah 4. Maka selanjutnya adalah memasukkan nilai  $k = 4$  ke algoritma K-means pada proses *clustering*. Proses *clustering* ini dilakukan dengan menggunakan alat bantu SPSS. Dengan menggunakan SPSS maka dapat diketahui anggota dari tiap *cluster* dan jarak anggota tersebut ke centroid. Untuk melakukan *clustering* ini caranya adalah dengan masuk ke menu *Analyze > Classify > K-Means Cluster* seperti yang dapat dilihat pada gambar 5.4 berikut.

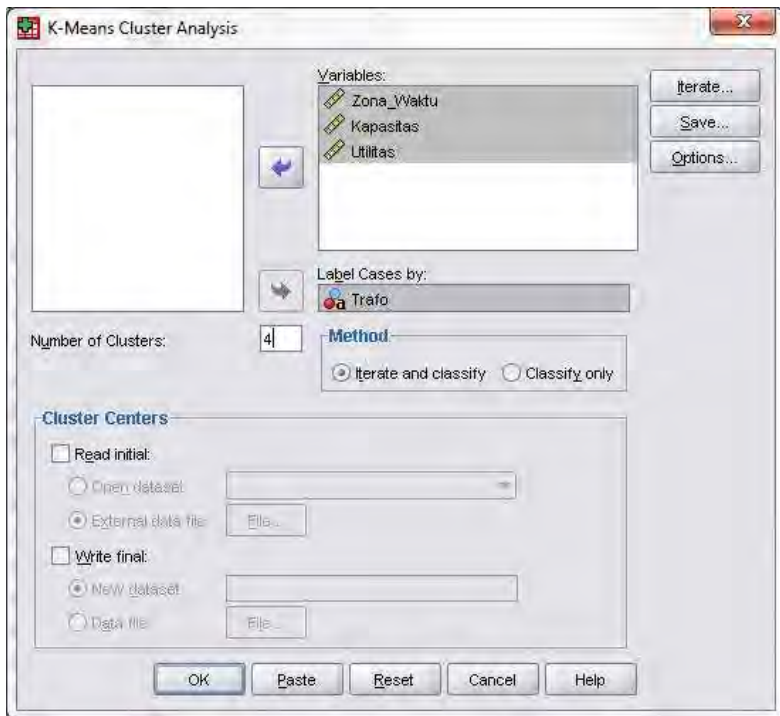
Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, menu *Analyze* pada SPSS ini berisi berbagai fungsi yang banyak digunakan dalam perhitungan statistik seperti mencari statistik deskriptif pada data, analisis RFM, uji korelasi, uji regresi, neural network, klasifikasi atau *clustering*, peramalan, dan lain sebagainya. Kemudian menu *Classify* merupakan menu yang digunakan untuk melakukan klasifikasi pada data atau disebut juga dengan *clustering*. Dalam menu *Classify* terdapat beberapa pilihan metode yaitu TwoStep Cluster, K-Means Cluster, dan Hierarchical Cluster. Selanjutnya

yang dipilih adalah menu K-Means Cluster yaitu algoritma yang digunakan dalam penelitian ini.



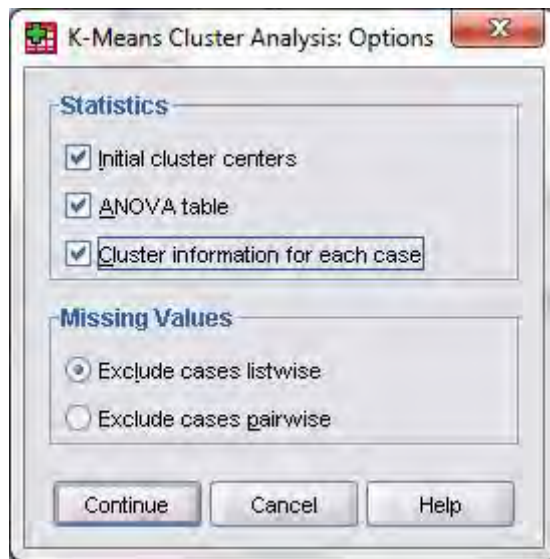
**Gambar 5.4 Menu SPSS untuk Melakukan Proses *Clustering* dengan Algoritma K-Means**

Selanjutnya muncul jendela baru K-Means Cluster Analysis. Masukkan atribut Trafo ke dalam kotak *Label Cases by*, yaitu atribut yang akan ditentukan kelompok *cluster*-nya, dan atribut Zona\_Waktu, Kapasitas, dan Utilitas ke dalam kotak *Variables(s)* sebagai atribut yang digunakan dalam proses *clustering* seperti contoh pada gambar 5.5. Kemudian klik Options pada tombol di bagian kanan.



**Gambar 5.5 Jendela K-Means Cluster Analysis**

Maka akan muncul jendela baru yaitu jendela K-Means Cluster Analysis: Options yang digunakan untuk memilih informasi apa saja yang ingin dimunculkan pada hasil. Pada jendela ini beri tanda centang pada *ANOVA table* dan *Cluster information for each case*. *Initial cluster centers* adalah informasi titik awal *cluster center* atau disebut dengan centroid. *ANOVA table* adalah informasi mengenai Uji ANOVA pada data. Kemudian *Cluster information for each case* adalah informasi dari hasil *clustering* tiap case termasuk ke dalam *cluster* mana dan berapa jaraknya ke *centroid* terdekat. Selanjutnya klik Continue maka akan kembali ke jendela sebelumnya dan klik OK untuk mendapatkan hasilnya.



Sebagian hasil dari proses *clustering* ini dapat dilihat pada tabel 5.2 berikut. Untuk hasil secara lengkap dari 201 trafo ditunjukkan pada lampiran B.

**Tabel 5.2 Sebagian Hasil Clustering Trafo dengan SPSS**

<b>Case Number</b>	<b>Trafo</b>	<b>Cluster</b>	<b>Distance</b>
1	ALTA PRIMA1	3	1.053
2	ALTA PRIMA2	2	.266
3	BABADAN1	3	.668
4	BABADAN2	3	.649
5	BABAT1	1	.330
6	BABAT2	3	.968
7	BALONG BENDO1	3	1.239
8	BALONG BENDO3	3	1.059

<b>Case Number</b>	<b>Trafo</b>	<b>Cluster</b>	<b>Distance</b>
9	BANARAN4	1	.269
10	BANARAN5	4	1.372
11	BANGIL3	3	1.057
12	BANGIL4	3	1.380
13	BANGKALAN1	1	.347
14	BANGKALAN2	1	.312
15	BANYUWANGI1	1	.462
16	BANYUWANGI2	2	.683
17	BANYUWANGI3	1	.421
18	BLIMBING1	1	.357
19	BLIMBING2	1	.525
20	BLIMBING3	1	1.059
21	BLITAR1	1	.321
22	BLITAR2	1	.539
23	BOJONEGORO1	1	.330
24	BOJONEGORO3	4	1.097
25	BONDOWOSO1	4	1.541
26	BONDOWOSO2	1	.384
27	BUDURAN2	3	1.265
28	BUDURAN3	3	1.000
29	BUDURAN4	4	1.190
30	BUDURAN5	3	1.548
31	BULU KANDANG1	2	.723
32	BULU KANDANG2	3	.794
33	BUMICOKRO1	3	.623

Selain mendapatkan hasil seperti pada tabel 5.2, pada SPSS juga didapatkan hasil *initial cluster center*, *iteration history*, *final cluster center*, *distance between final cluster center* dan *number of cases in each cluster*.

*Initial cluster center* merupakan letak pusat cluster (centroid) pada tahap awal clustering. Hasil *initial cluster center* dapat dilihat pada tabel 5.3 berikut.

**Tabel 5.3 Initial Cluster Center**

	Cluster			
	1	2	3	4
Zona_Waktu	-1.09	-1.09	-1.09	.92
Kapasitas	-1.93	1.02	1.02	-.75
Utilitas	1.23	-3.16	.45	-1.25

Selama proses *clustering*, titik awal tersebut akan terus berubah hingga mencapai titik yang paling optimal yang disebut dengan *final cluster center* yang dapat dilihat pada tabel 5.4 berikut.

**Tabel 5.4 Final Cluster Center**

	Cluster			
	1	2	3	4
Zona_Waktu	.92	-.84	-1.09	.92
Kapasitas	-1.02	.91	.02	.66
Utilitas	.64	-1.55	.40	-.28

Nilai yang muncul pada hasil *final cluster center* merupakan titik pusat yang paling menonjol dari setiap *cluster* yang terbentuk. Sifat dari *cluster* 1 adalah memiliki nilai zona\_waktu dan utilitas tinggi dengan nilai kapasitas rendah. Pada *cluster* 2 memiliki nilai kapasitas yang tinggi dengan nilai zona\_waktu dan utilitas rendah. Kemudian pada *cluster* 3, nilai zona\_waktu rendah sedangkan nilai kapasitas dan utilitas tinggi. Dan yang terakhir

pada *cluster* 4 memiliki nilai *zona\_waktu* dan *kapasitas* tinggi dengan nilai *utilitas* rendah.

Selanjutnya adalah hasil *iteration history* yang menunjukkan proses iterasi yang terjadi hingga tidak terdapat perubahan kedudukan anggota *cluster* terhadap titik pusat *cluster* (centroid). *Iteration history* ini dapat dilihat pada tabel 5.5 berikut.

**Tabel 5.5 *Iteration History***

Iteration	Change in Cluster Centers			
	1	2	3	4
1	1.208	1.076	.587	1.195
2	.188	.353	.457	.382
3	.239	.077	.050	.279
4	.160	.035	.068	.278
5	.048	.061	.056	.047
6	.075	.071	.122	.026
7	.049	.000	.057	.000
8	.029	.000	.035	.000
9	.028	.000	.033	.000
10	.027	.000	.031	.000
11	.054	.000	.058	.000
12	.028	.073	.067	.000
13	.092	.000	.087	.000
14	.049	.036	.048	.056
15	.071	.000	.065	.000
16	.038	.036	.053	.000
17	.024	.000	.000	.031
18	.024	.000	.000	.032
19	.000	.000	.000	.000



Pada tabel 5.5 tersebut terlihat bahwa proses iterasi berlangsung hingga iterasi ke-19 dimana nilai yang muncul pada keempat *cluster* adalah 0.00 yang berarti bahwa sudah tidak terdapat perubahan kedudukan pada titik pusat *cluster*.

Selanjutnya adalah tabel *distance between final cluster center* yang digunakan untuk melihat jarak antara titik pusat satu *cluster* dengan titik pusat *cluster* lainnya dari hasil *final cluster center* pada tabel 5.4. Hasil *distance between final cluster center* ini dapat dilihat pada tabel 5.6 berikut.

**Tabel 5.6 Distance Between Final Cluster Center**

Cluster	1	2	3	4
1		3.404	2.267	1.915
2	3.404		2.156	2.184
3	2.267	2.156		2.210
4	1.915	2.184	2.210	

Dilihat dari besar jarak dalam tabel 5.6 dapat disimpulkan bahwa kedekatan antar *cluster* yang terbentuk adalah *cluster* 1-4-3-2. Informasi jarak ini dapat digunakan untuk membantu dalam menentukan keputusan tingkat kepentingan trafo yang akan dilakukan bersama pihak perusahaan.

Tabel terakhir adalah tabel *number of cases in each cluster* untuk mengetahui jumlah kasus atau anggota yang terdapat pada masing-masing *cluster* yang terbentuk yang dapat dilihat pada tabel 5.7 berikut.

**Tabel 5.7 Number of Cases in Each Cluster**

Cluster	1	60.000
	2	33.000
	3	63.000
	4	45.000

Valid	201.000
Missing	.000

Dari tabel 5.7 ini diketahui bahwa pada *cluster* 1 terdiri dari 60 trafo, *cluster* 2 terdiri dari 33 trafo, *cluster* 3 terdiri dari 63 trafo, dan pada *cluster* 4 terdiri dari 45 trafo. *Cluster* 3 memiliki jumlah trafo paling banyak dari total trafo sebanyak 201 trafo. Kesimpulan dari hasil pada tabel ini adalah urutan *cluster* dari yang memiliki anggota paling banyak hingga paling sedikit adalah *cluster* 3-1-4-2.

### 5.3. Validasi Hasil *Clustering* dengan Dunn Index (DI)

Dunn Index merupakan sebuah metode validasi yang digunakan untuk melihat apakah jumlah *cluster* yang didapatkan telah optimal. Pada penelitian ini jumlah *cluster* yang dimaksud adalah nilai  $k$  yang digunakan dalam proses *clustering* menggunakan algoritma K-means. Jumlah  $k$  dengan nilai Dunn Index terbesar merupakan jumlah  $k$  yang paling optimal.

Untuk memperoleh nilai Dunn Index pada penelitian ini digunakan Aplikasi R versi 2.14.1 dengan contoh *script* yang dapat dilihat pada gambar 5.6 dan 5.7 berikut.

```
> require(foreign)
Loading required package: foreign
> data<-read.spss ("/Users/Dymania/Documents/dataspsal.sav", as.is.value.labels=TRUE, as.is.data.labels=TRUE)
> cluster<-k1st1000a.method="euclidean")
Warning message:
In dist(data, method = "euclidean") : NA's introduced by coercion
> write.table(cluster,method="ward")
```

**Gambar 5.6 Script Perhitungan Nilai Dunn Index pada Aplikasi R (1)**

*Script* perhitungan nilai Dunn Index tersebut dimulai dengan melakukan *read* data dari ekstensi SPSS sebagai *input* dari perhitungan. Kemudian metode *clustering* yang digunakan yaitu metode Ward dan algoritma K-Means, dimana algoritma K-Means ini menggunakan rumus Euclidean.

```

> library(cIValid)
Loading required package: cluster
Error in eval(expr, envir, enclos) :
  could not find function ".getNamespace"
In addition: Warning message:
package 'cIValid' was built under R version 3.2.0
Error : unable to load R code in package 'cIValid'
Error: package/namespace load failed for 'cIValid'
> library(cluster)
> dunn(interval,cluster)
Error: could not find function "dunn"
> utils::menuInstallPkg()
--- Please select a CRAN mirror for use in this session ---
Error in contrib.url(repos, type) :
  trying to use CRAN without setting a mirror
In addition: Warning message:
In open.connection(conn, "r") :
  unable to connect to 'cran.r-project.org' on port 80.
> utils::menuInstallLocal()
package 'cIValid' successfully unpacked and MD5 sums checked
> library(cIValid)
Loading required package: cluster
Loading required package: class
Warning message:
package 'cIValid' was built under R version 2.14.2
> nc2<-2
> cluster2<-cutree(ward,nc2)
> dunn(interval,cluster2)
[1] 0.06535345
> nc3<-3
> cluster3<-cutree(ward,nc3)
> dunn(interval,cluster3)
[1] 0.07100368
> nc4<-4
> cluster4<-cutree(ward,nc4)
> dunn(interval,cluster4)
[1] 0.07100368

```

**Gambar 5.7 Script Perhitungan Nilai Dunn Index pada Aplikasi R (2)**

Selanjutnya dilakukan panggilan terhadap *library* pada aplikasi R yaitu *cIValid* dan *cluster* dimana di dalam *library* tersebut telah terdapat *script* untuk perhitungan nilai Dunn Index. Setelah *library* berhasil dipanggil maka selanjutnya adalah menyebutkan jumlah *cluster* yang ingin diuji nilai validasinya dan menyebutkan metode *clustering* yang digunakan dan perhitungan validasi yang digunakan yaitu Dunn Index. Setelah itu aplikasi R akan memunculkan hasil nilai Dunn Index untuk masing-masing jumlah *cluster* yang diuji cobakan.

Uji coba dilakukan dengan nilai  $k$  mulai dari 3 hingga 8. Hasil perhitungan Dunn Index dapat dilihat pada tabel 5.8 berikut.

**Tabel 5.8 Nilai Validasi Dunn Index**

<b>Jumlah <i>Cluster</i></b>	<b>Dunn Index (DI)</b>
3	0.04776848
<b>4</b>	<b>0.05721716</b>
5	0.03186556
6	0.03869601
7	0.03869601
8	0.03996762

Pada tabel 5.8 terlihat bahwa nilai DI untuk jumlah *cluster* 4 merupakan nilai yang paling tinggi dibandingkan nilai yang lain. Berdasarkan pada teori yang dijelaskan oleh Halkidi dkk [17], nilai DI yang tinggi menunjukkan bahwa *cluster* telah terpisah dengan baik dan padat. Meskipun nilai DI *cluster* 4 ini di bawah 1, namun nilai ini lebih tinggi dibandingkan nilai *cluster* lainnya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa jumlah *cluster* 4 adalah jumlah yang optimal.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan bagaimana acuan yang digunakan dalam melakukan analisis dan bagaimana karakteristik dari setiap hasil *clustering* berdasarkan analisis dari atribut yang digunakan untuk proses *clustering*. Selain itu juga terdapat visualisasi hasil dan usulan strategi untuk perusahaan.

### 6.1. Acuan Perusahaan dalam Melakukan Analisis

Dalam melakukan analisis hasil, penulis bekerja sama dengan pihak perusahaan dalam membuat sebuah kesimpulan. Pertama adalah penjelasan dalam atribut zona waktu yang dapat dilihat pada tabel 6.1 berikut. Jenis pelanggan yang disuplai ini menentukan dalam memberi prioritas pada trafo. Trafo yang mensuplai listrik ke pelanggan industri lebih penting bagi perusahaan karena peningkatan kebutuhan listriknya lebih tinggi dibandingkan pelanggan rumah tangga [10].

**Tabel 6.1 Acuan Perusahaan untuk Atribut Zona Waktu**

Nomor	Zona Waktu	Penjelasan
1.	Siang	Trafo mensuplai listrik sebagian besar ke daerah pelanggan industri
2.	Malam	Trafo mensuplai listrik sebagian besar ke daerah pelanggan rumah tangga

Selanjutnya untuk pemberian nama *label* pada kelompok *cluster* didapatkan dari ketentuan yang berdasarkan kebijakan pada buku panduan PT. PLN (Persero) [10]. Ketentuan ini juga dibuat berdasarkan laporan utilitas dan kapasitas oleh dewan perencanaan dan perlindungan perairan dataran tinggi di New Jersey [20]. Penentuan *label* pada tugas akhir ini dapat dilihat pada tabel 6.2 berikut.

**Tabel 6.2 Penentuan Nilai Atribut dan *Label Cluster***

<b>Nomor</b>	<b>Utilitas</b>	<b>Kapasitas</b>	<b><i>Label</i></b>
1.	<40%	1-60 MVA	<i>Capacity low-usage</i>
2.	40%-80%	1-60 MVA	<i>Optimal</i>
3.	>80%	1-50 MVA	<i>Capacity over-usage</i>
4.	>80%	60 MVA	<i>Trafo over-usage</i>

Kemudian penjelasan terkait tindakan yang harus dilakukan oleh perusahaan berdasarkan utilitas dan kapasitas trafo (8) dapat dilihat pada tabel 6.3 berikut. Tindakan ini merupakan kebijakan dari perusahaan terkait pengembangan kapasitas trafo gardu induk.

**Tabel 6.3 Tindakan Perusahaan berdasarkan Utilitas dan Kapasitas Trafo**

<b>Nomor</b>	<b>Utilitas</b>	<b>Kapasitas</b>	<b>Tindakan</b>
1.	<40%	1-60 MVA	Beban dari trafo lain dalam 1 gardu induk dapat dialihkan ke trafo ini
2.	40%-80%	1-60 MVA	Trafo ini tidak memerlukan tindakan pengembangan karena kapasitas terpasang telah sesuai dengan kebutuhan listrik oleh pelanggan dan penggunaannya optimal
3.	>80%	<60 MVA	Diperlukan penambahan kapasitas trafo
4.	>80%	60 MVA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Beban dari trafo ini dapat dialihkan ke trafo lain dalam 1 gardu induk</li> <li>- Diperlukan penambahan trafo baru</li> </ul>

Nomor	Utilitas	Kapasitas	Tindakan
			- Diperlukan pembangunan gardu induk baru

## 6.2. Analisis Hasil *Clustering*

Setelah melakukan proses *clustering* dengan menggunakan metode Ward dan algoritma K-Means dan juga proses validasi didapatkan jumlah *cluster* yang optimal adalah 4 *cluster*. Selanjutnya akan dilakukan analisis terhadap karakteristik dan kondisi trafo pada masing-masing *cluster* berdasarkan atribut Bulan, APJ, Zona\_Waktu, Kapasitas, dan Utilitas.

### 6.2.1. Analisis Trafo berdasarkan Zona Waktu, Kapasitas, dan Utilitas

Dalam pembuatan analisis karakteristik dan kondisi trafo berdasarkan zona\_waktu, kapasitas, dan utilitas ini dilakukan bersama dengan pihak perusahaan, yang diwakili oleh pihak pengatur distribusi listrik seperti yang telah dijelaskan pada sub bab 6.1. Hasil analisis karakteristik dan kondisi trafo berdasarkan zona\_waktu, kapasitas, dan utilitas dapat dilihat pada tabel 6.4 berikut.

**Tabel 6.4 Analisis Trafo berdasarkan Zona\_Waktu, Kapasitas, dan Utilitas**

<i>Cluster</i>	Hasil Analisis
<i>Cluster 1</i>	Utilitas tertinggi trafo pada <i>cluster 1</i> berada pada zona waktu malam hari yang menunjukkan bahwa trafo pada <i>cluster 1</i> mensuplai listrik ke pelanggan rumah tangga. Rata-rata trafo berkapasitas 6-30 MVA dan utilitas trafo telah melebihi 80% yang menunjukkan bahwa pemakaian trafo telah melebihi kapasitas, dilihat dari utilitasnya



<i>Cluster</i>	<b>Hasil Analisis</b>
	<p>yang melebihi 80% yang merupakan batas aman penggunaan trafo. Trafo dengan utilitas tertinggi pada <i>cluster</i> 1 antara lain:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 107.27% pada trafo Tuban1</li> <li>2. 102.01% pada trafo Porong1</li> <li>3. 99.59% pada trafo Probolinggo1</li> </ol> <p>Dapat disimpulkan bahwa kebutuhan listrik pelanggan rumah tangga pada area yang disuplai oleh trafo pada <i>cluster</i> 1 ini lebih tinggi dari kapasitas yang disediakan.</p>
<i>Cluster 2</i>	<p>Utilitas tertinggi trafo pada <i>cluster</i> 2 paling banyak berada pada zona waktu siang hari yang menunjukkan bahwa trafo pada <i>cluster</i> 2 sebagian besar mensuplai listrik ke pelanggan industri.</p> <p>Seluruh trafo berkapasitas 60 MVA dan utilitas trafo berkisar antara 40%-80%. Kebutuhan listrik termasuk tinggi dilihat dari jumlah kapasitas yang disediakan yaitu 60 MVA yang merupakan batas maksimum kapasitas trafo. Selain itu pemakaian trafo tidak melebihi 80% dari kapasitas dan tidak kurang dari 40% yang berarti bahwa trafo digunakan secara optimal. Trafo dengan utilitas tertinggi pada <i>cluster</i> 2 ini antara lain:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 66.51% pada trafo Kupang1</li> <li>2. 64.66% pada trafo Tuban2</li> <li>3. 62.70% pada trafo Waru3</li> </ol> <p>Dapat disimpulkan bahwa kebutuhan listrik pelanggan industri pada area yang disuplai oleh trafo pada <i>cluster</i> 2 ini tinggi dan kapasitas yang disediakan telah sesuai.</p>
<i>Cluster 3</i>	<p>Utilitas tertinggi trafo pada <i>cluster</i> 3 ini berada pada zona waktu siang hari yang</p>

<i>Cluster</i>	<b>Hasil Analisis</b>
	<p>menunjukkan bahwa trafo pada <i>cluster</i> 3 mensuplai listrik ke pelanggan industri. Rata-rata trafo berkapasitas 10-60 MVA dan utilitas trafo telah melebihi 80% yang menunjukkan bahwa pemakaian trafo telah melebihi kapasitas, dilihat dari utilitasnya yang melebihi 80% yang merupakan batas aman penggunaan trafo. Trafo dengan utilitas tertinggi pada <i>cluster</i> 3 antara lain:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 99.88% pada trafo Mojokerto6</li> <li>2. 99.42% pada trafo Mranggen2</li> <li>3. 99.30% pada trafo Ploso2</li> </ol> <p>Dapat disimpulkan bahwa kebutuhan listrik pelanggan industri pada area yang disuplai oleh trafo pada <i>cluster</i> 3 ini lebih tinggi dari kapasitas yang disediakan.</p>
<i>Cluster 4</i>	<p>Utilitas tertinggi trafo pada <i>cluster</i> 4 berada pada zona waktu malam hari yang menunjukkan bahwa trafo pada <i>cluster</i> 4 mensuplai listrik ke pelanggan rumah tangga. Mayoritas trafo berkapasitas 60 MVA dan utilitas beberapa trafo telah melebihi 80%. Kebutuhan listrik termasuk tinggi dilihat dari jumlah kapasitas yang disediakan yaitu 60 MVA yang merupakan batas maksimum kapasitas trafo. Selain itu pemakaian trafo yang melebihi 80% menunjukkan bahwa pemakaian trafo telah melebihi kapasitas. Trafo dengan utilitas tertinggi pada <i>cluster</i> 4 ini antara lain:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 96.16% pada trafo Kenjeran1</li> <li>2. 96.13% pada trafo Kertosono2</li> <li>3. 95.84% pada trafo Banaran5</li> </ol> <p>Dapat disimpulkan bahwa kebutuhan listrik</p>

<i>Cluster</i>	<b>Hasil Analisis</b>
	pelanggan rumah tangga pada area yang disuplai oleh trafo pada <i>cluster</i> 4 ini tinggi dan melebihi kapasitas yang disediakan.

Untuk memudahkan pengamatan terhadap hasil *clustering*, dibuatlah visualisasi berdasarkan dimensi yang digunakan dalam proses *clustering*. Visualisasi ini dibuat menggunakan aplikasi Tableau 9.0 berupa diagram *scatter plot* yang bertujuan untuk memudahkan dalam mengetahui posisi atau persebaran *cluster* pada diagram.

Cara pembuatan *scatter plot* menggunakan Tableau ini cukup mudah. Pertama klik icon *Add Data Source* seperti yang terlihat pada gambar 6.1. selanjutnya adalah pilih jenis file yang berisi data yang akan digunakan dalam pembuatan *scatter plot*. Pada penelitian ini data disimpan dalam file Ms. Excel. Setelah cari filenya di dalam PC atau laptop yang digunakan.



**Gambar 6.1 Add Data Source pada Tableau**

Setelah menyambungkan file data dengan Tableau selanjutnya akan muncul tampilan seperti pada gambar 6.2 yang menunjukkan bahwa file data telah tersambung dengan Tableau.

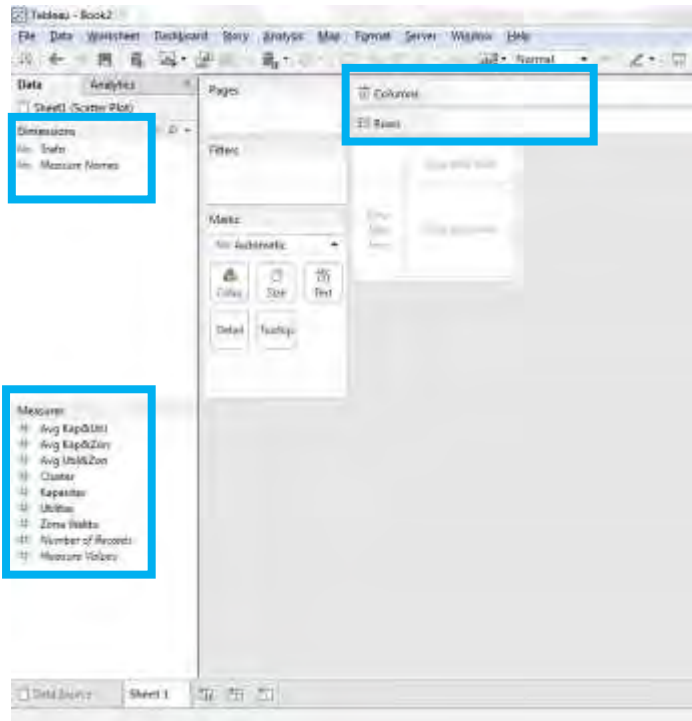
Kemudian klik Sheet1 pada tab berwarna oranye di bagian bawah untuk memulai pembuatan *scatter plot*.



**Gambar 6.2 Selesai Menambahkan *Data Source***

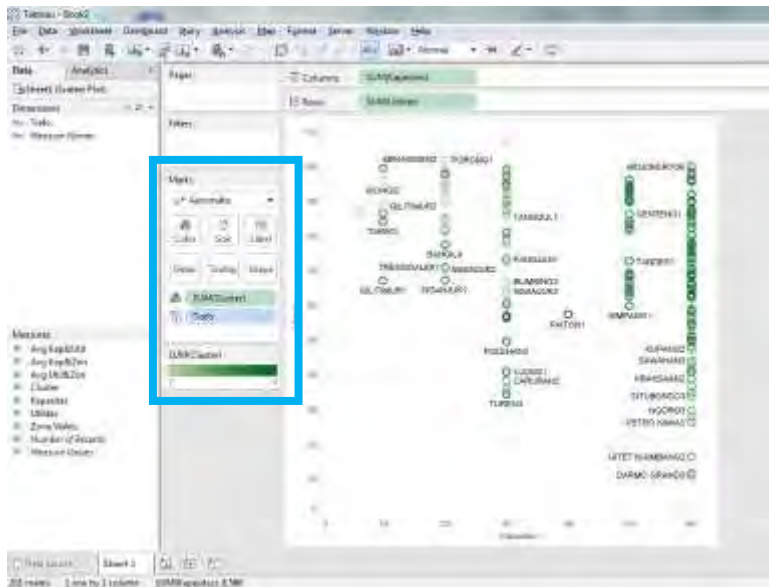
Pada halaman Sheet1 terdapat kotak *Dimensions* dan *Measures*. Isian dalam kotak tersebut menyesuaikan dengan atribut yang terdapat di dalam data source yang kita masukkan seperti yang dapat dilihat pada gambar 6.3 berikut. Selanjutnya tentukan sumbu x dan sumbu y yang akan ditampilkan dalam *scatter plot*

dengan melakukan *dragging* pada atribut ke dalam kotak *Columns* dan *Rows*.



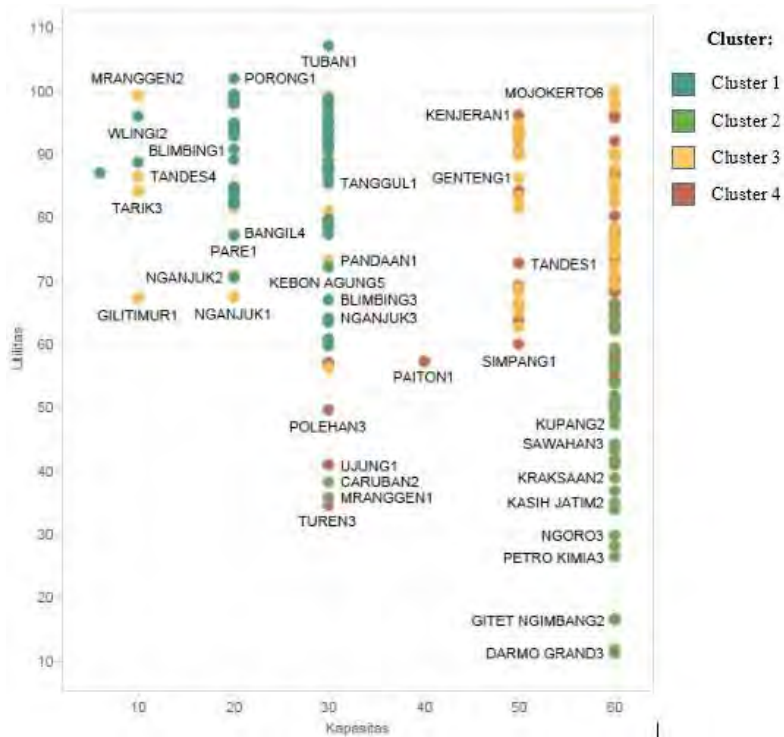
**Gambar 6.3 Atribut dari Data Source dalam Halaman Tableau**

Contohnya adalah menggunakan Kapasitas sebagai sumbu x dan Utilitas sebagai sumbu y seperti yang dapat dilihat pada gambar 6.4. Kustomisasi tampilan *scatter plot* dapat dilakukan melalui menu *Marks*. Kemudian untuk menampilkan *node-node* pada diagram, lakukan *dragging* pada Dimensi Trafo ke *Label* dalam kotak *Marks*. Selanjutnya untuk membedakan warna pada trafo di setiap *cluster* dengan melakukan *dragging* pada Measures *Cluster* ke *Color* dalam kotak *Marks*.



**Gambar 6.4 Contoh Pembuatan *Scatter Plot***

Terdapat 3 jenis visualisasi yang dibuat, yang pertama merupakan visualisasi dengan dimensi kapasitas dan utilitas, dimana dimensi kapasitas sebagai sumbu x dan utilitas sebagai sumbu y. Tiap *plot* trafo akan mempunyai warna yang berbeda-beda sesuai dengan warna *cluster* masing-masing. Bentuk visualisasi *cluster* dengan dimensi kapasitas dan utilitas dapat dilihat pada gambar 6.5 berikut.



**Gambar 6.5 Diagram Scatter Plot Kapasitas dan Utilitas**

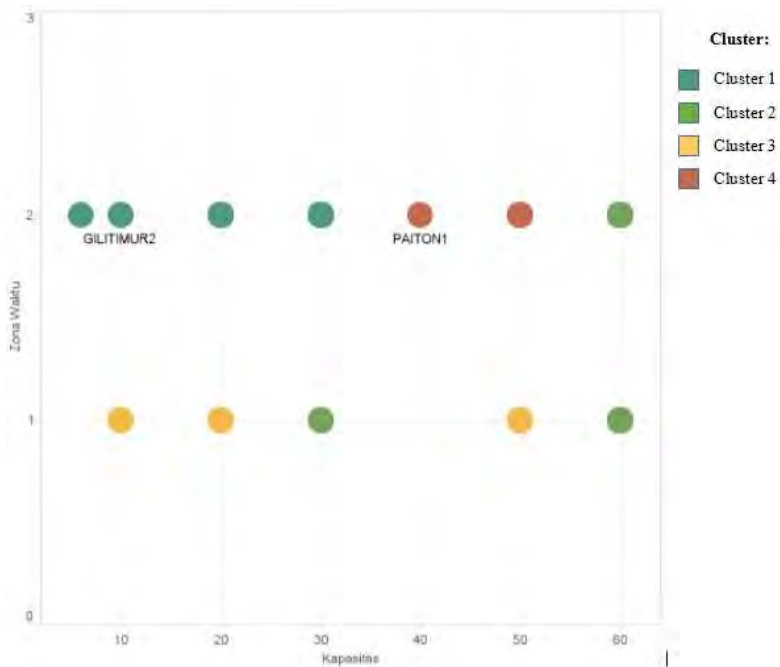
Dari diagram pada gambar 6.5 dapat diketahui bahwa trafo yang termasuk ke dalam *cluster* 1 berada pada nilai kapasitas terendah 6 MVA dan tertinggi 30 MVA dengan nilai utilitas terendah 60% dan tertinggi hampir mencapai 110%. Kemudian trafo yang termasuk ke dalam *cluster* 2 berada pada nilai kapasitas terendah 30 MVA dan tertinggi 60 MVA dengan nilai utilitas terendah 10% dan tertinggi hampir mendekati 70%. Selanjutnya trafo yang termasuk ke dalam *cluster* 3 berada pada nilai kapasitas terendah 10 MVA dan tertinggi 60 MVA dengan nilai utilitas terendah 55% dan tertinggi mendekati 100%. Untuk yang terakhir yaitu trafo dalam *cluster* 4 berada pada nilai kapasitas terendah 30

MVA dan tertinggi 60 MVA dengan nilai utilitas terendah mendekati 35% dan tertinggi sekitar 98%.

Visualisasi kedua adalah visualisasi dimensi kapasitas dan zona\_waktu dimana kapasitas sebagai sumbu x dan zona waktu sebagai sumbu y. Tiap *plot* trafo akan mempunyai warna berbeda sesuai dengan warna *cluster* masing-masing. Bentuk visualisasi *cluster* dengan dimensi kapasitas dan zona\_waktu dapat dilihat pada gambar 6.6 berikut.

Dari diagram pada gambar 6.6 dapat diketahui bahwa trafo yang termasuk ke dalam *cluster* 1 berada pada nilai kapasitas terendah 6 MVA dan tertinggi 30 MVA dengan nilai zona waktu 2 yang menunjukkan bahwa seluruh trafo pada *cluster* 1 mensuplai listrik ke daerah jenis pelanggan rumah tangga. Kemudian trafo yang termasuk ke dalam *cluster* 2 berada pada nilai kapasitas terendah 30 MVA dan tertinggi 60 MVA dengan nilai zona waktu 1 dan 2 namun mayoritas pada nilai 1 sehingga trafo pada *cluster* 2 ini sebagian besar mensuplai listrik ke jenis pelanggan industri. Selanjutnya trafo yang termasuk ke dalam *cluster* 3 berada pada nilai kapasitas terendah 10 MVA dan tertinggi 60 MVA dengan nilai zona waktu 1 yang menunjukkan bahwa seluruh trafo pada *cluster* 3 mensuplai listrik ke daerah jenis pelanggan industri. Untuk yang terakhir yaitu trafo dalam *cluster* 4 berada pada nilai kapasitas terendah 30 MVA dan tertinggi 60 MVA dengan nilai zona waktu 2 yang menunjukkan bahwa seluruh trafo pada *cluster* 4 mensuplai listrik ke daerah jenis pelanggan rumah tangga.





**Gambar 6.6 Diagram *Scatter Plot* Kapasitas dan Zona\_waktu**

Selanjutnya visualisasi ketiga yang merupakan visualisasi dimensi utilitas dan zona\_waktu dimana utilitas sebagai sumbu x dan zona\_waktu sebagai sumbu y. Tiap *plot* trafo akan mempunyai warna berbeda sesuai dengan warna *cluster* masing-masing. Bentuk visualisasi *cluster* dengan dimensi utilitas dan zona\_waktu dapat dilihat pada gambar 6.7 berikut.



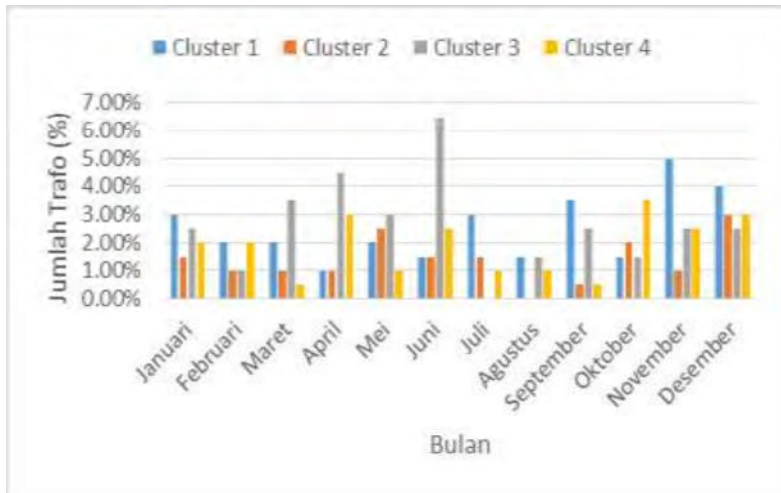
**Gambar 6.7 Diagram Scatter Plot Utilitas dan Zona\_waktu**

Dari diagram pada gambar 6.7 dapat diketahui bahwa trafo yang termasuk ke dalam *cluster* 1 berada pada nilai utilitas terendah 60% dan tertinggi hampir mendekati 110% dengan nilai zona waktu 2 yang menunjukkan bahwa seluruh trafo pada *cluster* 1 mensuplai listrik ke daerah jenis pelanggan rumah tangga. Kemudian trafo yang termasuk ke dalam *cluster* 2 berada pada nilai utilitas terendah 10% dan tertinggi hampir mendekati 70% dengan nilai zona waktu 1 dan 2 namun mayoritas pada nilai 1 sehingga trafo pada *cluster* 2 ini sebagian besar mensuplai listrik ke jenis pelanggan industri. Selanjutnya trafo yang termasuk ke dalam *cluster* 3 berada pada nilai utilitas terendah 55% dan tertinggi mendekati 100% dengan nilai zona waktu 1 yang menunjukkan bahwa seluruh trafo pada *cluster* 3 mensuplai listrik ke daerah jenis pelanggan industri. Untuk yang terakhir yaitu trafo dalam *cluster* 4 berada pada nilai utilitas terendah mendekati 35% dan tertinggi sekitar 98% dengan nilai zona waktu 2 yang menunjukkan bahwa seluruh trafo pada *cluster* 4 mensuplai listrik ke daerah jenis pelanggan rumah tangga.

### **6.2.2. Analisis Trafo berdasarkan Bulan**

Analisis trafo berdasarkan bulan dilakukan dengan alat bantu Ms. Excel 2013. Utilitas tertinggi masing-masing trafo berada pada bulan yang tidak sama antara trafo satu dengan trafo yang lain.

Selanjutnya akan dilakukan analisis terhadap bulan dengan jumlah trafo paling banyak pada setiap *cluster*. Untuk mempermudah analisis maka akan dibuat grafik berupa *bar chart* untuk melihat bulan dengan utilitas tertinggi yang dapat dilihat pada gambar 6.8 berikut. Pada *bar chart* tersebut, sumbu x menunjukkan bulan terjadinya peningkatan kebutuhan listrik pada trafo dan sumbu y menunjukkan jumlah trafo (%) yang mengalami peningkatan kebutuhan listrik pada bulan x dari total 201 trafo. Pada sumbu x data dibedakan menjadi setiap bulan mulai dari Januari hingga Desember dan pada sumbu y rentang angka yang ditunjukkan adalah mulai dari angka paling rendah yaitu 0% hingga angka tertinggi yaitu mendekati 7%.



**Gambar 6.8 Grafik Prosentase Jumlah Trafo per Bulan**

Dari grafik diatas, dapat dilihat bahwa:

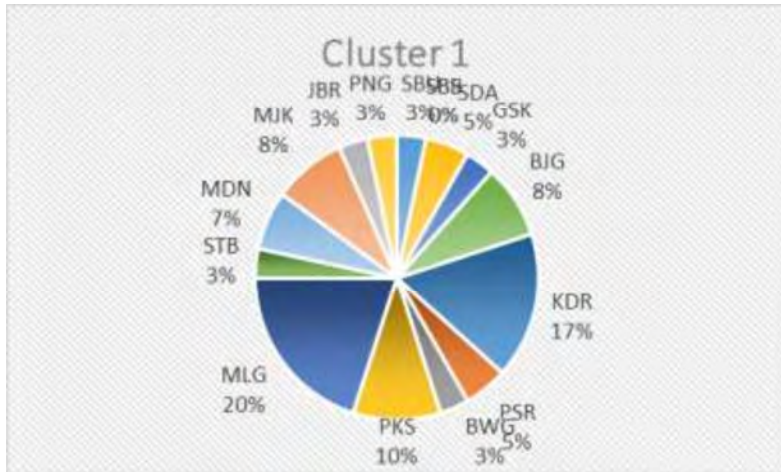
1. Pada *cluster* 1, bulan terjadinya peningkatan kebutuhan listrik tertinggi dengan jumlah trafo paling banyak, yaitu sebesar 5% dari total jumlah trafo, adalah pada bulan November. Trafo pada *cluster* 1 ini cenderung mengalami peningkatan kebutuhan listrik pada akhir tahun

- (November-Desember) sehingga perusahaan dapat melakukan tindakan pengembangan trafo sebelum akhir tahun untuk menghindari kelebihan pemakaian kapasitas.
2. Pada *cluster* 2, bulan terjadinya peningkatan kebutuhan listrik tertinggi dengan jumlah trafo paling banyak, yaitu sebesar 3% dari total jumlah trafo, adalah bulan Desember. Trafo pada *cluster* 2 ini mengalami peningkatan kebutuhan listrik pada akhir tahun (Desember).
  3. Pada *cluster* 3, bulan terjadinya peningkatan kebutuhan listrik tertinggi dengan jumlah trafo paling banyak, yaitu sebesar 6.5% dari total jumlah trafo, adalah bulan Juni. Trafo pada *cluster* 3 ini cenderung mengalami peningkatan kebutuhan listrik pada pertengahan awal tahun (Maret-Juni) sehingga perusahaan dapat melakukan tindakan pengembangan trafo sebelum akhir tahun untuk menghindari kelebihan pemakaian kapasitas.
  4. Pada *cluster* 4, bulan terjadinya peningkatan kebutuhan listrik tertinggi dengan jumlah trafo paling banyak, yaitu sebesar 3.5% dari total jumlah trafo, adalah bulan Desember. Trafo pada *cluster* 4 ini cenderung mengalami peningkatan kebutuhan listrik pada akhir tahun (Oktober-Desember).

### **6.2.3. Analisis Trafo berdasarkan Area Pelayanan dan Jaringan (APJ)**

Analisis trafo berdasarkan Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) dilakukan dengan menggunakan alat bantu Ms. Excel 2013. Data trafo dibagi menurut *cluster* masing-masing dan kemudian dilihat pada suatu *cluster* mayoritas trafo terletak. Untuk mempermudah analisis maka akan dibuat diagram dengan tipe *pie chart* yang mendeskripsikan persentase letak trafo.

Untuk hasil analisis dari *cluster* 1 dapat dilihat pada gambar 6.9 berikut.



**Gambar 6.9 Analisis Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) Cluster 1**

Berdasarkan gambar 6.5, dapat dilihat bahwa trafo yang berada pada *cluster 1* paling banyak sebesar 20% terletak di Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) Malang (MLG). Area paling banyak yang kedua adalah Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) Kediri (KDR) sebesar 17%. Dan kemudian diikuti oleh jumlah trafo sebesar 10% yang terletak pada Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) Pamekasan (PKS). Jumlah trafo sisanya yaitu sebesar 53% berada di 13 Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) lainnya. Persentase ini didapatkan dari total 60 trafo yang termasuk ke dalam *cluster 1*.

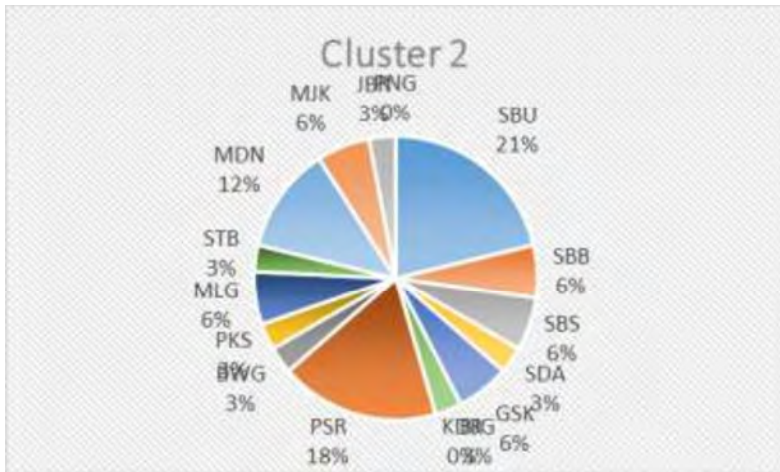
Untuk lebih detail mengenai urutan Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) dengan jumlah trafo yang termasuk ke dalam *cluster 1* mulai dari yang paling banyak hingga paling sedikit dapat dilihat pada tabel 6.5 berikut.

**Tabel 6.5 Urutan Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) Trafo *Cluster* 1**

<b>Nomor</b>	<b>APJ</b>	<b>Cluster 1</b>
1	MLG	20.00%
2	KDR	16.67%
3	PKS	10.00%
4	BJG	8.33%
5	MJK	8.33%
6	MDN	6.67%
7	SDA	5.00%
8	PSR	5.00%
9	SBU	3.33%
10	GSK	3.33%
11	BWG	3.33%
12	STB	3.33%
13	JBR	3.33%
14	PNG	3.33%
15	SBB	0.00%
16	SBS	0.00%
<b>Total</b>		<b>100.00%</b>

Hasil analisis dari APJ *Cluster* 1 menunjukkan bahwa trafo pada *cluster* 1 mayoritas terletak di Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) Malang dan Kediri. Hal ini dapat disebabkan oleh peningkatan kebutuhan listrik yang tinggi oleh pelanggan rumah tangga dan kapasitas trafo yang tersedia tidak mencukupi peningkatan kebutuhan listrik tersebut. Sehingga dalam melakukan tindakan pengembangan perusahaan perlu melakukan prioritas pada trafo di kedua APJ tersebut sebelum terjadi peningkatan kebutuhan listrik yang lebih tinggi.

Untuk hasil analisis dari *cluster* 2 dapat dilihat pada gambar 6.10 berikut.



**Gambar 6.10 Analisis Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) *Cluster* 2**

Berdasarkan gambar 6.6, dapat dilihat bahwa trafo yang berada pada *cluster* 2 paling banyak sebesar 21% terletak di Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) Surabaya Utara (SBU). Area paling banyak yang kedua adalah Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) Pasuruan (PSR) sebesar 18%. Dan kemudian diikuti oleh jumlah trafo sebesar 12% yang terletak pada Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) Madiun (MDN). Jumlah trafo sisanya yaitu sebesar 49% berada di 13 Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) lainnya. Persentase ini didapatkan dari total 33 trafo yang termasuk ke dalam *cluster* 2.

Untuk lebih detail mengenai urutan Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) dengan jumlah trafo yang termasuk ke dalam *cluster* 2 mulai dari yang paling banyak hingga paling sedikit dapat dilihat pada tabel 6.6 berikut.

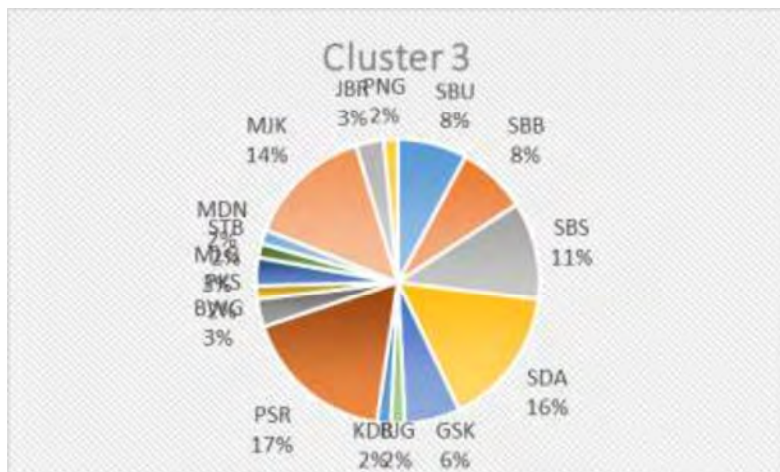
**Tabel 6.6 Urutan Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) Trafo *Cluster 2***

<b>Nomor</b>	<b>APJ</b>	<b>Cluster 2</b>
1	SBU	21.21%
2	PSR	18.18%
3	MDN	12.12%
4	MLG	6.06%
5	MJK	6.06%
6	GSK	6.06%
7	SBB	6.06%
8	SBS	6.06%
9	PKS	3.03%
10	BJG	3.03%
11	SDA	3.03%
12	BWG	3.03%
13	STB	3.03%
14	JBR	3.03%
15	KDR	0.00%
16	PNG	0.00%
<b>Total</b>		<b>100.00%</b>

Hasil analisis dari APJ *Cluster 2* menunjukkan bahwa trafo pada *cluster 2* mayoritas terletak di Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) Surabaya Utara dan Pasuruan. Hal ini dapat disebabkan oleh tingginya kebutuhan listrik oleh pelanggan industri pada kedua area tersebut. Sehingga dalam melakukan tindakan pengembangan perusahaan perlu melakukan prioritas pada trafo di kedua APJ tersebut sebelum terjadi peningkatan kebutuhan listrik yang lebih tinggi.

Untuk hasil analisis dari *cluster 3* dapat dilihat pada gambar 6.11 berikut.





**Gambar 6.11 Analisis Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) Cluster 3**

Berdasarkan gambar 6.7, dapat dilihat bahwa trafo yang berada pada *cluster 3* paling banyak sebesar 17% terletak di Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) Pasuruan (PSR). Area paling banyak yang kedua adalah Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) Sidoarjo (SDA) sebesar 16%. Dan kemudian diikuti oleh jumlah trafo sebesar 14% yang terletak pada Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) Mojokerto (MJK). Jumlah trafo sisanya yaitu sebesar 53% berada di 13 Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) lainnya. Persentase ini didapatkan dari total 63 trafo yang termasuk ke dalam *cluster 3*.

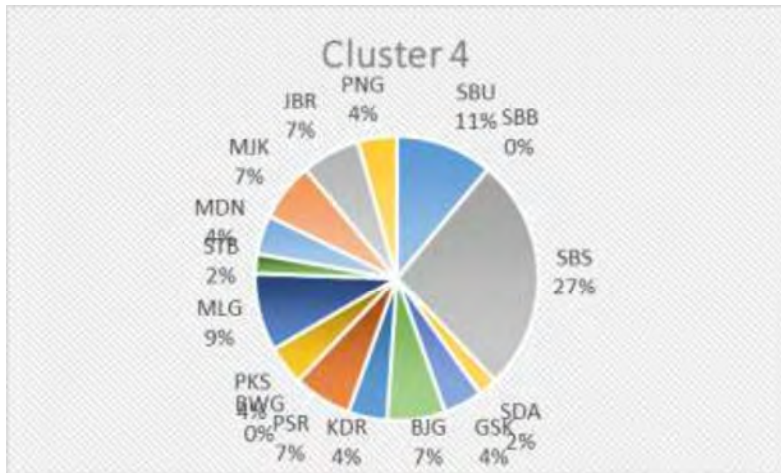
Untuk lebih detail mengenai urutan Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) dengan jumlah trafo yang termasuk ke dalam *cluster 3* mulai dari yang paling banyak hingga paling sedikit dapat dilihat pada tabel 6.7 berikut.

**Tabel 6.7 Urutan Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) Trafo *Cluster 3***

<b>Nomor</b>	<b>APJ</b>	<b>Cluster 3</b>
1	PSR	17.46%
2	SDA	15.87%
3	MJK	14.29%
4	SBS	11.11%
5	SBU	7.94%
6	SBB	7.94%
7	GSK	6.35%
8	MLG	3.17%
9	BWG	3.17%
10	JBR	3.17%
11	MDN	1.59%
12	PKS	1.59%
13	BJG	1.59%
14	STB	1.59%
15	KDR	1.59%
16	PNG	1.59%
<b>Total</b>		<b>100.00%</b>

Hasil analisis dari APJ *Cluster 3* menunjukkan bahwa trafo pada *cluster 3* mayoritas terletak di Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) Pasuruan dan Sidoarjo. Hal ini dapat disebabkan oleh peningkatan kebutuhan listrik yang tinggi oleh pelanggan industri dan kapasitas trafo yang tersedia tidak mencukupi peningkatan kebutuhan listrik tersebut. Sehingga dalam melakukan tindakan pengembangan perusahaan perlu melakukan prioritas pada trafo di kedua APJ tersebut sebelum terjadi peningkatan kebutuhan listrik yang lebih tinggi.

Untuk hasil analisis dari *cluster* 4 dapat dilihat pada gambar 6.12 berikut.



**Gambar 6.12 Analisis Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) Cluster 4**

Berdasarkan gambar 6.8, dapat dilihat bahwa trafo yang berada pada *cluster* 4 paling banyak sebesar 27% terletak di Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) Surabaya Selatan (SBS). Area paling banyak yang kedua adalah Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) Surabaya Utara (SBU) sebesar 11%. Jumlah trafo sisanya yaitu sebesar 62% berada di 14 Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) lainnya. Persentase ini didapatkan dari total 45 trafo yang termasuk ke dalam *cluster* 4.

Untuk lebih detail mengenai urutan Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) dengan jumlah trafo yang termasuk ke dalam *cluster* 4 mulai dari yang paling banyak hingga paling sedikit dapat dilihat pada tabel 6.8 berikut.

**Tabel 6.8 Urutan Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) Trafo *Cluster* 4**

<b>Nomor</b>	<b>APJ</b>	<b>Cluster 4</b>
1	SBS	26.67%
2	SBU	11.11%
3	MLG	8.89%
4	PSR	6.67%
5	MJK	6.67%
6	JBR	6.67%
7	BJG	6.67%
8	GSK	4.44%
9	MDN	4.44%
10	PKS	4.44%
11	KDR	4.44%
12	PNG	4.44%
13	SDA	2.22%
14	STB	2.22%
15	SBB	0.00%
16	BWG	0.00%
<b>Total</b>		<b>100.00%</b>

Hasil analisis dari APJ *Cluster* 4 menunjukkan bahwa trafo pada *cluster* 4 mayoritas terletak di Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) Surabaya Selatan. Hal ini dapat disebabkan oleh peningkatan kebutuhan listrik yang tinggi oleh pelanggan rumah tangga. Sehingga dalam melakukan tindakan pengembangan perusahaan perlu melakukan prioritas pada trafo di APJ tersebut sebelum terjadi peningkatan kebutuhan listrik yang lebih tinggi.

### 6.3. Analisis Karakteristik Trafo

Setelah melakukan analisis hasil *clustering* berdasarkan atribut-atribut yang digunakan maka dapat diketahui karakteristik dari trafo pada masing-masing *cluster*. Hasil analisis karakteristik trafo dapat dilihat pada tabel 6.9 berikut. Pada tabel tersebut, *cluster* diurutkan berdasarkan tingkat kepentingan paling rendah hingga paling tinggi yang diketahui dari hasil proses *clustering*.

Tabel 6.9 Analisis Karakteristik Trafo

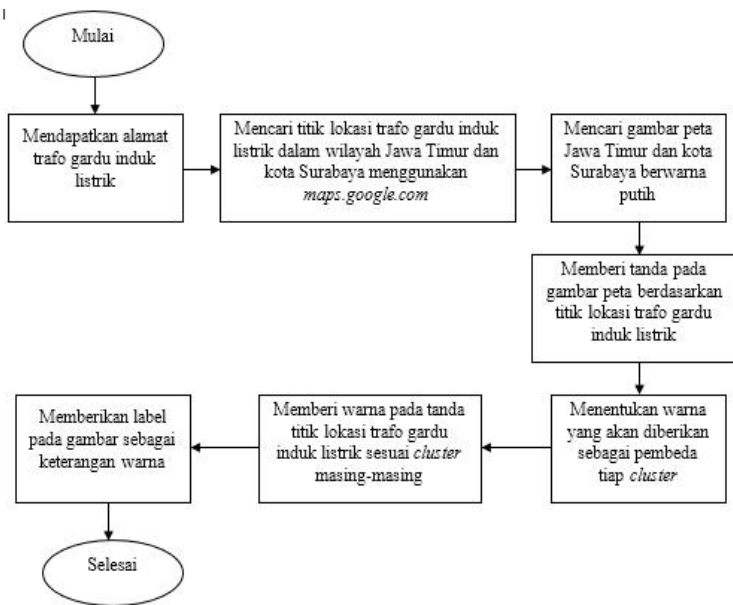
<i>Cluster</i>	<b>Karakteristik</b>	<i>Label</i>
<i>Cluster 1</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilitas tertinggi trafo berada pada zona waktu <b>malam hari</b></li> <li>- Trafo berkapasitas 6-30 MVA</li> <li>- Utilitas trafo mayoritas telah mencapai lebih dari <b>80%</b> dengan utilitas tertinggi antara lain:               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 107.27% pada trafo Tuban1</li> <li>2. 102.01% pada trafo Porong1</li> <li>3. 99.59% pada trafo Probolinggo1</li> </ol> </li> <li>- Trafo pada <i>cluster</i> 1 cenderung mengalami peningkatan kebutuhan listrik pada <b>akhir tahun (November-Desember)</b></li> <li>- Mayoritas trafo terletak di Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) <b>Malang dan Kediri</b></li> </ul>	<i>Trafo Rumah Tangga Capacity Over-Usage</i>
<i>Cluster 4</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilitas tertinggi trafo berada</li> </ul>	<i>Trafo Rumah</i>

<i>Cluster</i>	<b>Karakteristik</b>	<i>Label</i>
	<p>pada zona waktu <b>malam hari</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sebagian besar trafo berkapasitas 60 MVA</li> <li>- Utilitas beberapa trafo telah mencapai lebih dari <b>80%</b> dengan utilitas tertinggi antara lain:               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 96.16% pada trafo Kenjeran1</li> <li>2. 96.13% pada trafo Kertosono2</li> <li>3. 95.84% pada trafo Banaran5</li> </ol> </li> <li>- Trafo pada <i>cluster</i> 4 cenderung mengalami peningkatan kebutuhan listrik pada <b>akhir tahun (Oktober-Desember)</b></li> <li>- Mayoritas trafo terletak di Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) <b>Surabaya Selatan dan Surabaya Utara</b></li> </ul>	<i>Tangga Over-Usage</i>
<i>Cluster 3</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilitas tertinggi trafo berada pada zona waktu <b>siang hari</b></li> <li>- Trafo berkapasitas 10-60 MVA</li> <li>- Utilitas trafo mayoritas telah mencapai <b>80%</b> dengan utilitas tertinggi antara lain:               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 99.88% pada trafo Mojokerto6</li> <li>2. 99.42% pada trafo Mranggen2</li> </ol> </li> </ul>	<i>Trafo Industri Capacity Over-Usage</i>

<i>Cluster</i>	<b>Karakteristik</b>	<i>Label</i>
	<p>3. 99.30% pada trafo Ploso2</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Trafo pada <i>cluster</i> 3 cenderung mengalami peningkatan kebutuhan listrik pada <b>pertengahan awal tahun (Maret-Juni)</b></li> <li>- Mayoritas trafo terletak di Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) <b>Pasuruan dan Sidoarjo</b></li> </ul>	
<i>Cluster 2</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilitas tertinggi trafo paling banyak berada pada zona waktu <b>siang hari</b></li> <li>- Trafo berkapasitas 60 MVA</li> <li>- Utilitas trafo mayoritas mencapai <b>40%-80%</b> dengan utilitas tertinggi antara lain:               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 66.51% pada trafo Kupang1</li> <li>2. 64.66% pada trafo Tuban2</li> <li>3. 62.70% pada trafo Waru3</li> </ol> </li> <li>- Trafo pada <i>cluster</i> 2 mengalami peningkatan kebutuhan listrik pada <b>akhir tahun (Desember)</b></li> <li>- Mayoritas trafo terletak di Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) <b>Surabaya Utara dan Pasuruan</b></li> </ul>	<i>Trafo Industri Optimal</i>

#### 6.4. Persebaran Trafo Hasil *Clustering*

Pembuatan peta pada penelitian ini bertujuan agar memudahkan pengamatan dan pemahaman terhadap lokasi dan kondisi hasil *clustering*. Dari 201 trafo gardu induk listrik didapatkan 4 *cluster* sesuai dengan atribut zona\_waktu, kapasitas, dan utilitas yang digunakan dalam proses *clustering*. Alur pengerjaan peta persebaran trafo hasil *clustering* dapat dilihat pada gambar 6.13 berikut.



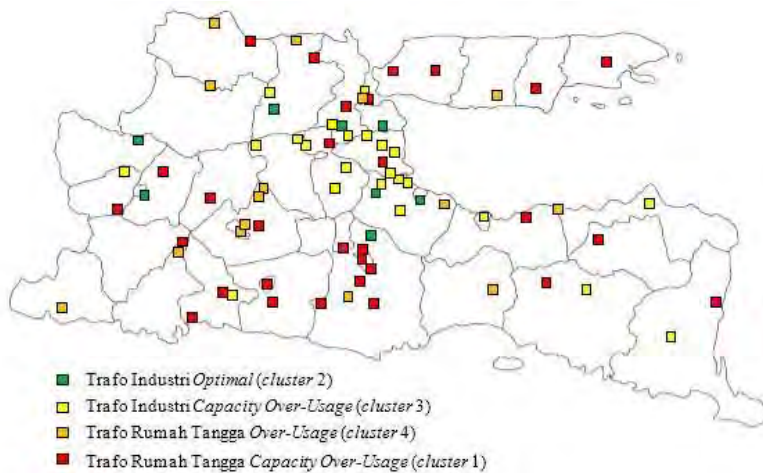
**Gambar 6.13 Alur Pengerjaan Peta Persebaran Trafo**

Hasil keempat *cluster* tersebut dibuat dalam bentuk peta dengan titik lokasi persebaran gardu induk listrik di Jawa Timur. Untuk membuat gambar peta ini, langkah pertama adalah mencari sebuah gambar peta Jawa Timur dan Surabaya dengan warna putih melalui *google.com*. Kemudian menentukan posisi gardu



induk listrik menggunakan longitude dan latitude yang didapatkan dari alamat gardu induk listrik. Setelah mengetahui posisi gardu induk listrik, selanjutnya adalah memberikan tanda posisi gardu induk listrik pada peta Jawa Timur dan Surabaya menggunakan Ms. Word 2013. Untuk membedakan setiap tanda, diberikan warna sesuai kelompok *cluster* masing-masing.

Persebaran trafo hasil *clustering* tersebut dapat dilihat pada gambar 6.14 berikut.

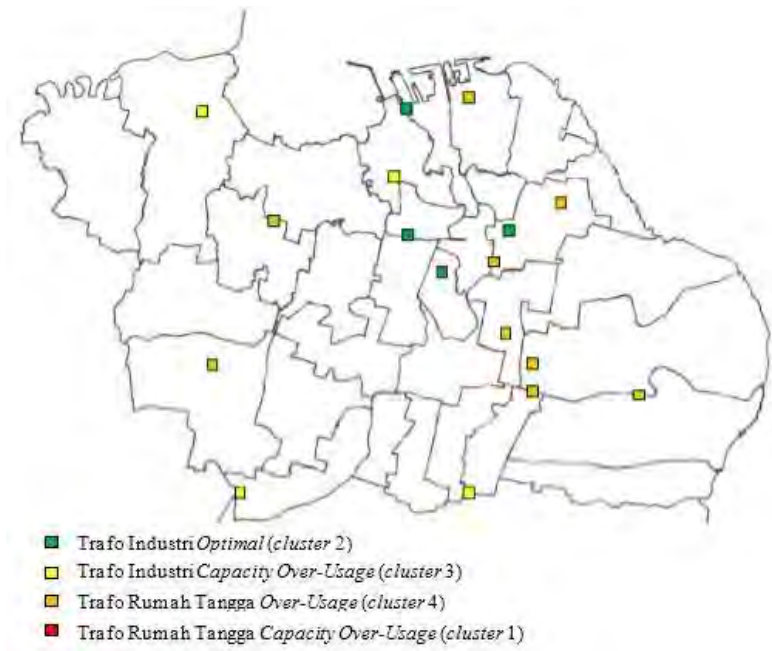


**Gambar 6.14 Peta Persebaran Hasil *Clustering* di Jawa Timur**

Tiap titik gardu induk listrik pada gambar 6.6 tersebut mewakili trafo-trafo yang berada dalam satu gardu induk listrik. Kemudian setiap titik diberi warna sesuai dengan *cluster* dari trafo pada gardu induk listrik tersebut. Jika trafo termasuk dalam *cluster* 1 maka diberi tanda titik dengan warna merah, jika trafo termasuk dalam *cluster* 2 maka titik tersebut diberi warna hijau, jika trafo termasuk dalam *cluster* 3 maka diberi warna dengan kuning, dan yang terakhir jika trafo termasuk ke dalam *cluster* 4 maka titik diberi dengan warna jingga.

Gambar 6.14 menunjukkan titik-titik lokasi seluruh gardu induk listrik di Jawa Timur kecuali gardu induk listrik yang berada di dalam wilayah Surabaya.

Persebaran gardu induk listrik di Kota Surabaya ditunjukkan dengan peta wilayah Surabaya pada gambar 6.15. Persebaran gardu induk listrik di kota Surabaya dibuat visualisasi khusus kota Surabaya karena pada kota Surabaya sendiri terdapat 17 gardu induk listrik. Jika gambar lokasi gardu induk listrik di Surabaya menjadi satu dengan gambar lokasi gardu induk listrik di Jawa Timur maka persebarannya tidak dapat terlihat dengan jelas karena ke-17 titik gardu induk listrik akan berkumpul dalam satu titik saja.



**Gambar 6.15 Peta Persebaran Hasil *Clustering* di Surabaya**

## 6.5. Usulan Strategi

Dari proses *clustering* telah dihasilkan 4 *cluster* dari 201 trafo pada gardu induk listrik. 4 *cluster* tersebut mempunyai karakteristik dan kondisi masing-masing sesuai dengan daerah yang disuplai listrik oleh trafo seperti yang telah dijelaskan pada sub bab 6.3. Penentuan tindakan penanganan ini dilakukan bersama dengan pihak perusahaan menggunakan standar pengembangan trafo perusahaan seperti yang telah dijelaskan pada sub bab 6.1. Strategi pada setiap *cluster* ditentukan dengan melihat kondisi trafo dengan utilitas tertinggi. Berikut merupakan hasil usulan strategi untuk tindakan penanganan masing-masing *cluster* yang dapat dilihat pada tabel 6.10 berikut.

**Tabel 6.10 Usulan Strategi**

<b>Cluster</b>	<b>Label</b>	<b>Kondisi Trafo</b>	<b>Strategi</b>
<i>Cluster</i> 1	<i>Trafo Rumah Tangga Capacity Over- Usage</i>	Trafo dengan utilitas tertinggi antara lain: 1. Trafo Tuban1 dengan utilitas 107.27% dan kapasitas 30 MVA 2. Trafo Porong1 dengan utilitas 102.01% dan kapasitas 20 MVA 3. Trafo Probolinggo1 dengan utilitas 99.59% dan kapasitas 20 MVA	Melakukan penambahan kapasitas trafo karena utilitas trafo telah melebihi 80% dan kapasitas masih kurang dari batas maksimal yaitu 60 MVA.
<i>Cluster</i>	<i>Trafo</i>	Trafo dengan utilitas	Pada cluster ini tidak

<b>Cluster</b>	<b>Label</b>	<b>Kondisi Trafo</b>	<b>Strategi</b>
2	<i>Industri Optimal</i>	<p>tertinggi antara lain:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Trafo Kupang1 dengan utilitas 66.51% dan kapasitas 60 MVA</li> <li>2. Trafo Tuban2 dengan utilitas 64.66% dan kapasitas 60 MVA</li> <li>3. Trafo Waru3 dengan utilitas 62.70% dan kapasitas 60 MVA</li> </ol>	<p>diperlukan tindakan pengembangan kapasitas dikarenakan utilitas trafo telah optimal. Perusahaan dapat melakukan peramalan terhadap kebutuhan listrik ke depannya dari trafo untuk mencegah adanya utilitas trafo yang melebihi kapasitas.</p>
Cluster 3	<i>Trafo Industri Capacity Over-Usage</i>	<p>Trafo dengan utilitas tertinggi antara lain:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Trafo Mojokerto6 dengan utilitas 99.88% dan kapasitas 60 MVA</li> <li>2. Trafo Mranggen2 dengan utilitas 99.42% dan kapasitas 10 MVA</li> <li>3. Trafo Ploso2 dengan utilitas 99.30% dan kapasitas 30</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Melakukan penambahan jumlah trafo pada trafo Mojokerto6 karena utilitas telah melebihi 80% dan kapasitas telah mencapai maksimal yaitu 60 MVA.</li> <li>- Melakukan penambahan kapasitas trafo pada trafo Mranggen2 dan Ploso2 karena</li> </ul>

<b>Cluster</b>	<b>Label</b>	<b>Kondisi Trafo</b>	<b>Strategi</b>
		MVA	utilitas telah melebihi 80% namun kapasitas masih kurang dari 60 MVA.
<i>Cluster</i> 4	<i>Trafo Rumah Tangga Over-Usage</i>	Trafo dengan utilitas tertinggi antara lain: 1. Trafo Kenjeran1 dengan utilitas 96.16% dan kapasitas 50 MVA 2. Trafo Kertosono2 dengan utilitas 96.13% dan kapasitas 60 MVA 3. Trafo Banaran5 dengan utilitas 95.84% dan kapasitas 60 MVA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Melakukan penambahan kapasitas trafo pada trafo Kenjeran1 karena utilitas telah melebihi 80% namun kapasitas masih kurang dari 60 MVA.</li> <li>- Melakukan penambahan jumlah trafo pada trafo Kertosono2 dan Banaran5 karena utilitas telah melebihi 80% dan kapasitas telah mencapai maksimal yaitu 60 MVA.</li> </ul>

## **BAB VII**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisikan kesimpulan dari hasil penelitian dan juga saran perbaikan untuk penelitian kedepannya beserta masalah yang dihadapi selama mengerjakan penelitian tugas akhir ini.

#### **7.1. Kesimpulan**

Beberapa kesimpulan yang bisa diambil dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Atribut yang digunakan sebagai kriteria penentuan trafo paling penting bagi perusahaan adalah atribut zona waktu, kapasitas, dan utilitas trafo berdasarkan hasil uji korelasi yang menunjukkan bahwa ketiga atribut tersebut memiliki tingkat relevansi yang tinggi sehingga nilainya saling mempengaruhi antar atribut satu dengan yang lain.
2. Validasi hasil *clustering* mendapatkan nilai 0.05721716 dengan jumlah *cluster* 4 yang menunjukkan bahwa jumlah *cluster* 4 adalah jumlah yang paling optimal dibandingkan dengan jumlah *cluster* lainnya.
3. Berdasarkan hasil *clustering* dengan metode Ward dan K-Means jumlah pengelompokan trafo gardu induk listrik di Jawa Timur adalah 4 *cluster* dari keseluruhan jumlah trafo sebanyak 201. Karakteristik dari masing-masing *cluster* antara lain:
  - *Cluster* 1 : Trafo mensuplai listrik ke daerah pelanggan rumah tangga, kapasitas trafo yang disediakan masih kurang dari jumlah listrik yang dibutuhkan, dan pemakaian trafo melebihi kapasitas yang disediakan dilihat dari utilitas trafo yang telah melebihi 80% dengan utilitas tertinggi antara lain:

1. 107.27% pada trafo Tuban1
  2. 102.01% pada trafo Porong1
  3. 99.59% pada trafo Probolinggo1
- *Cluster 2* : Trafo mensuplai listrik ke daerah pelanggan industri, kapasitas trafo yang disediakan dapat memenuhi seluruh kebutuhan listrik, dan pemakaian trafo optimal dilihat dari utilitas yang tidak melebihi 80% dengan utilitas tertinggi antara lain:
    1. 66.51% pada trafo Kupang1
    2. 64.66% pada trafo Tuban2
    3. 62.70% pada trafo Waru3
  - *Cluster 3* : Trafo mensuplai listrik ke daerah pelanggan industri, kapasitas trafo yang disediakan masih kurang dari jumlah listrik yang dibutuhkan, dan pemakaian trafo melebihi kapasitas yang disediakan dilihat dari utilitas trafo yang telah melebihi 80% dengan utilitas tertinggi antara lain:
    1. 99.88% pada trafo Mojokerto6
    2. 99.42% pada trafo Mranggen2
    3. 99.30% pada trafo Ploso2
  - *Cluster 4* : Trafo mensuplai listrik ke daerah pelanggan rumah tangga, kapasitas trafo yang disediakan masih kurang dari jumlah listrik yang dibutuhkan, dan pemakaian trafo melebihi kapasitas yang disediakan dilihat dari utilitas trafo yang telah melebihi 80% dengan utilitas tertinggi antara lain:
    1. 96.16% pada trafo Kenjeran1
    2. 96.13% pada trafo Kertosono2
    3. 95.84% pada trafo Banaran5
4. Dari hasil analisis karakteristik trafo didapatkan bahwa trafo pada *cluster 2* yang diberi label *Trafo industri*

*optimal* merupakan trafo yang paling penting bagi perusahaan karena kebutuhan listrik yang tinggi dan konstan dilihat dari kondisi kapasitas yang mencapai maksimal yaitu 60 MVA dan utilitas yang tidak melebihi 80% sehingga kelebihan pemakaian trafo pada *cluster* ini harus sangat dihindari.

## **7.2. Saran**

Dari hasil penelitian ini terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan antara lain:

### **7.2.1. Untuk Perusahaan**

Setelah diketahui kesimpulan dari kondisi dan karakteristik trafo pada tiap *cluster*, maka terdapat beberapa saran yang dapat diberikan kepada pihak perusahaan terkait saran pengembangan trafo berdasarkan kondisi trafo pada masing-masing *cluster* yang diwakilkan oleh 3 trafo dengan utilitas tertinggi.

1. Untuk trafo pada *cluster* 1, tindakan yang sebaiknya dilakukan oleh perusahaan adalah melakukan penambahan kapasitas trafo karena utilitas trafo telah melebihi 80% dan kapasitas masih kurang dari batas maksimal yaitu 60 MVA.
2. Untuk trafo pada *cluster* 2, tindakan yang sebaiknya dilakukan oleh perusahaan adalah melakukan penambahan kapasitas trafo pada trafo Kenjeran1 karena utilitas telah melebihi 80% namun kapasitas masih kurang dari 60 MVA dan melakukan penambahan jumlah trafo pada trafo Kertosono2 dan Banaran5 karena utilitas telah melebihi 80% dan kapasitas telah mencapai maksimal yaitu 60 MVA.
3. Untuk trafo pada *cluster* 3, tindakan yang sebaiknya dilakukan oleh perusahaan adalah melakukan penambahan jumlah trafo pada trafo Mojokerto6 karena utilitas telah melebihi 80% dan kapasitas telah mencapai maksimal yaitu 60 MVA dan melakukan penambahan kapasitas trafo pada trafo Mranggen2 dan Ploso2 karena



utilitas telah melebihi 80% namun kapasitas masih kurang dari 60 MVA.

4. Untuk trafo pada *cluster* 4 tidak diperlukan tindakan pengembangan kapasitas dikarenakan utilitas trafo telah optimal. Perusahaan dapat melakukan peramalan terhadap kebutuhan listrik ke depannya dari trafo untuk mencegah adanya utilitas trafo yang melebihi kapasitas.

#### **7.2.2. Untuk Penelitian Selanjutnya**

Saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan tugas akhir ini dalam penelitian selanjutnya yaitu:

1. Perlu ditambahkan atribut selain zona waktu, kapasitas, dan utilitas yang digunakan dalam *clustering* untuk menentukan pengelompokan trafo seperti utilitas rumah tangga, utilitas industri, utilitas komersial, utilitas lain-lain, luas area suplai, dan umur mesin trafo untuk bisa memperdalam analisis penentuan karakteristik dan masa pengantian trafo.
2. Akan lebih baik jika visualisasi persebaran trafo disertasi dengan pemberian warna dan tanda sebagai batasan terhadap area yang disuplai oleh trafo.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. P. (Persero), Statistik PLN 2013, Jakarta: Sekretariat Perusahaan PT. PLN (Persero), 2013.
- [2] B. P. S. J. Timur, "Statistik Daerah Provinsi Jawa Timur," 2013. [Online]. Available: "[http://jatim.bps.go.id/index.php?hal=publikasi\\_detil&iid=2](http://jatim.bps.go.id/index.php?hal=publikasi_detil&iid=2)".
- [3] E. F. Kusuma, "Kebakaran Gardu Induk PLN Cawang Diduga Karena Kelebihan Beban Listrik," detikNews, 3 Oktober 2013. [Online]. Available: "<http://news.detik.com/read/2013/10/03/042844/2376182/10/kebakaran-gardu-induk-pln-cawang-diduga-karena-kelebihan-beban-listrik?9911012>". [Accessed 10 Februari 2015].
- [4] K. Deshani, M. Attygalle, L. Hansen and A. Karunaratne, "An Exploratory Analysis on Half-Hourly Electricity Load Patterns Leading to Higher Performances in Neural Network Predictions," *International Journal of Artificial Intelligence & Applications*, vol. 5, 2014.
- [5] K. Benmouiza and A. Cheknane, "Forecasting Hourly Global Solar Radiation using Hybrid K-Means and Nonlinear Autoregressive Neural Network Models," *Energy Conversion and Management*, pp. 561-569, 2013.
- [6] Z. Wang, S. Bian, Y. Liu and Z. Liu, "The Load Characteristics Classification and Synthesis of Substations in Large Area Power Grid," *Electrical Power and Energy Systems*, 2013.
- [7] "PT. PLN (Persero) P3B Jawa Bali," PT. PLN (Persero), 2011. [Online]. Available: "<http://www.pln.co.id/p3bjawabali/?p=451>". [Accessed

11 Februari 2015].

- [8] D. Saefulloh, "Perencanaan Pengembangan Gardu Induk Untuk 10 Tahun Ke Depan," Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, 2010.
- [9] A. Affandy, U. Wibawa and M. Shidiq, "Prakiraan Daya Beban Listrik yang Tersambung pada Gardu Induk Sengkaling Tahun 2012-2021 menggunakan Metode Time Series dengan Model Dekomposisi," Universitas Brawijaya, Malang, 2012.
- [10] D. Suswanto, "Sistem Distribusi Tenaga Listrik," November 2010. [Online]. Available: "<https://daman48.files.wordpress.com/2010/11/materi-11-karakteristik-beban.pdf>". [Accessed 25 February 2015].
- [11] "Profil PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur," 2011. [Online]. Available: "<http://sir.stikom.edu/281/5/BAB%20II.pdf>". [Accessed 30 July 2014].
- [12] Buku Memori Serah Terima Jabatan Manager Bidang Perencanaan PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur, Surabaya: Bidang Perencanaan PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur, 2012.
- [13] "Area Pengatur Distribusi Jawa Timur," PT. PLN (Persero), 2014. [Online]. Available: "[http://apd.pln-jatim.co.id/?post=daerah\\_kerja](http://apd.pln-jatim.co.id/?post=daerah_kerja)". [Accessed 10 Februari 2015].
- [14] K. Benmouiza and A. Cheknane, "Forecasting hourly global solar radiation using hybrid k-means and nonlinear autoregressive neural network models," *Energy Conversion and Management*, 2013.
- [15] J. Dunn, "Well Separated Clusters and Optimal Fuzzy Partitions," *Journal of Cybernetics* 4, pp. 95-104, 1974.
- [16] V. D. Shveta Kundra Bhatia, "A Propound Method for the

- Improvement of Cluster Quality," University of Delhi, New Delhi, 2013.
- [17] M. Halkidi, Y. Batistakis and M. Vazirgiannis, "Clustering Validity Checking Methods: Part II," *Clustering algorithms and validity measures*, p. 2, 2002.
  - [18] J. K. Fluegemann, M. D. Davies and N. D. Aguirre, "Determining the Optimal Number of Clusters with the," *NASA USRP – Internship Final Report*, p. 3, 2012.
  - [19] Wikipedia, "F-test," 14 December 2014. [Online]. Available: <http://en.wikipedia.org/wiki/F-test>.
  - [20] S. o. N. J. H. W. P. a. P. Council, "Utility Capacity," Highlands Council New Jersey, 2008.
  - [21] S. Santoso, *Seri Solusi Bisnis Berbasis Ti : Menggunakan Spss Untuk Statistik Multivariat*, Jakarta: Elex Media Komputindo, 2006.
  - [22] R. Ho, *Handbook of Univariate and Multivariate Data Analysis and Interpretation with SPSS*, Boca Raton: Chapman & Hall/CRC, 2006.

*Halaman ini Sengaja Dikosongkan*

## LAMPIRAN A

### DATA BEBAN TRAF0

Trafo	APD	APJ	Bulan	Hari	Zona_Waktu	Beban	Kapasitas	Utilitas
ALTA PRIMA1	TENGAH	GSK	JUNI	MINGGU	SIANG	843	30	97.338
ALTA PRIMA2	TENGAH	GSK	NOVEMBER	RABU	SIANG	749	60	43.242
BABADAN1	TENGAH	SBB	JUNI	RABU	SIANG	1348	50	93.389
BABADAN2	TENGAH	SBB	SEPTEMBER	KAMIS	SIANG	1341	50	92.904
BABAT1	BARAT	BJG	MARET	MINGGU	MALAM	792	30	91.45
BABAT2	BARAT	BJG	MEI	SABTU	SIANG	820	30	94.683
BALONG BENDO1	TENGAH	SDA	MARET	RABU	SIANG	1689	60	97.512
BALONG BENDO3	TENGAH	SDA	NOVEMBER	SABTU	SIANG	1555	60	89.775
BANARAN4	BARAT	KDR	FEBRUARI	JUMAT	MALAM	760	30	87.755
BANARAN5	BARAT	KDR	OKTOBER	JUMAT	MALAM	1660	60	95.837
BANGIL3	TIMUR	PSR	SEPTEMBER	SENIN	SIANG	1315	60	75.919
BANGIL4	TIMUR	PSR	DESEMBER	SELASA	SIANG	448	20	77.594
BANGKALAN1	TENGAH	PKS	NOVEMBER	SELASA	MALAM	490	20	84.868

<b>Trafo</b>	<b>APD</b>	<b>APJ</b>	<b>Bulan</b>	<b>Hari</b>	<b>Zona_Waktu</b>	<b>Beban</b>	<b>Kapasitas</b>	<b>Utilitas</b>
BANGKALAN2	TENGAH	PKS	DESEMBER	RABU	MALAM	786	30	90.757
BANYUWANGI1	TIMUR	BWG	SEPTEMBER	MINGGU	MALAM	824	30	95.145
BANYUWANGI2	TIMUR	BWG	MEI	RABU	SIANG	975	60	56.29
BANYUWANGI3	TIMUR	BWG	OKTOBER	JUMAT	MALAM	815	30	94.105
BLIMBING1	TIMUR	MLG	JANUARI	SELASA	MALAM	524	20	90.757
BLIMBING2	TIMUR	MLG	JUNI	RABU	MALAM	680	30	78.517
BLIMBING3	TIMUR	MLG	DESEMBER	JUMAT	MALAM	580	30	66.971
BLITAR1	BARAT	KDR	MARET	SELASA	MALAM	789	30	91.103
BLITAR2	BARAT	KDR	DESEMBER	RABU	MALAM	840	30	96.992
BOJONEGORO1	BARAT	BJG	NOVEMBER	RABU	MALAM	515	20	89.198
BOJONEGORO3	BARAT	BJG	JULI	JUMAT	MALAM	1560	60	90.064
BONDOWOSO1	TIMUR	STB	MARET	RABU	MALAM	492	30	56.81
BONDOWOSO2	TIMUR	STB	OKTOBER	SELASA	MALAM	481	20	83.309
BUDURAN2	TENGAH	SDA	JUNI	KAMIS	SIANG	1704	60	98.378
BUDURAN3	TENGAH	SDA	MEI	RABU	SIANG	1430	60	82.559
BUDURAN4	TENGAH	SDA	JANUARI	JUMAT	MALAM	1594	60	92.027
BUDURAN5	TENGAH	SDA	MEI	JUMAT	SIANG	565	20	97.858

<b>Trafo</b>	<b>APD</b>	<b>APJ</b>	<b>Bulan</b>	<b>Hari</b>	<b>Zona_Waktu</b>	<b>Beban</b>	<b>Kapasitas</b>	<b>Utilitas</b>
BULU KANDANG1	TIMUR	PSR	MEI	RABU	SIANG	990	60	57.156
BULU KANDANG2	TIMUR	PSR	AGUSTUS	JUMAT	SIANG	681	30	78.633
BUMICOKRO1	TIMUR	PSR	DESEMBER	RABU	SIANG	1331	50	92.212
BUMICOKRO2	TIMUR	PSR	JUNI	KAMIS	SIANG	1465	60	84.579
CARUBAN1	BARAT	MDN	NOVEMBER	SENIN	MALAM	570	20	98.724
CARUBAN2	BARAT	MDN	SEPTEMBER	SELASA	SIANG	332	30	38.335
CERME1	TENGAH	GSK	SEPTEMBER	JUMAT	MALAM	814	30	93.99
DARMO GRAND1	TENGAH	SBS	JANUARI	RABU	MALAM	1347	50	93.32
DARMO GRAND2	TENGAH	SBS	AGUSTUS	SELASA	MALAM	1150	60	66.393
DARMO GRAND3	TENGAH	SBS	FEBRUARI	SABTU	SIANG	192	60	11.085
DOLOPO2	BARAT	MDN	JULI	SABTU	MALAM	475	20	82.27
DRIYOREJO3	TENGAH	SDA	MARET	KAMIS	SIANG	1367	50	94.706
DRIYOREJO4	TENGAH	SDA	MEI	JUMAT	SIANG	1562	60	90.179
DRIYOREJO9	TENGAH	SDA	OKTOBER	JUMAT	SIANG	1330	60	76.785
GENTENG1	TIMUR	BWG	MARET	SELASA	SIANG	1246	50	86.323



<b>Trafo</b>	<b>APD</b>	<b>APJ</b>	<b>Bulan</b>	<b>Hari</b>	<b>Zona_Waktu</b>	<b>Beban</b>	<b>Kapasitas</b>	<b>Utilitas</b>
GENTENG2	TIMUR	BWG	AGUSTUS	SELASA	SIANG	1286	60	74.245
GILITIMUR1	TENGAH	PKS	DESEMBER	KAMIS	SIANG	194	10	67.202
GILITIMUR2	TENGAH	PKS	NOVEMBER	RABU	MALAM	256	10	88.678
GITET KEDIRI3	BARAT	KDR	OKTOBER	JUMAT	MALAM	1122	60	64.777
GITET NGIMBANG2	BARAT	MJK	APRIL	RABU	MALAM	285	60	16.454
GONDANG WETAN1	TIMUR	PSR	APRIL	SENIN	MALAM	1333	60	76.959
GONDANG WETAN2	TIMUR	PSR	JANUARI	MINGGU	SIANG	703	30	81.173
GONDANG WETAN3	TIMUR	PSR	JUNI	SENIN	MALAM	286	60	16.512
GRATI1	TIMUR	PSR	OKTOBER	KAMIS	MALAM	984	60	56.81
JAYA KERTAS1	BARAT	MJK	NOVEMBER	RABU	MALAM	863	60	49.824
JEMBER1	TIMUR	JBR	MEI	KAMIS	SIANG	1199	60	69.222
JEMBER2	TIMUR	JBR	FEBRUARI	JUMAT	MALAM	566	20	98.031
JEMBER3	TIMUR	JBR	JANUARI	KAMIS	SIANG	1426	60	82.328
JEMBER4	TIMUR	JBR	DESEMBER	RABU	MALAM	1324	60	76.439
KARANG KATES1	TIMUR	MLG	JUNI	MINGGU	MALAM	494	30	57.041

<b>Trafo</b>	<b>APD</b>	<b>APJ</b>	<b>Bulan</b>	<b>Hari</b>	<b>Zona_Waktu</b>	<b>Beban</b>	<b>Kapasitas</b>	<b>Utilitas</b>
KARANG PILANG1	TENGAH	SBB	APRIL	RABU	SIANG	1178	50	81.612
KARANG PILANG2	TENGAH	SBB	NOVEMBER	MINGGU	SIANG	1360	50	94.221
KASIH JATIM1	TENGAH	SDA	JUNI	RABU	SIANG	1349	50	93.459
KASIH JATIM2	TENGAH	SDA	DESEMBER	RABU	SIANG	605	60	34.929
KEBON AGUNG4	TIMUR	MLG	MEI	KAMIS	MALAM	1346	60	77.709
KEBON AGUNG5	TIMUR	MLG	JANUARI	SELASA	MALAM	626	30	72.282
KENJERAN1	TENGAH	SBU	DESEMBER	SELASA	MALAM	1388	50	96.161
KENJERAN2	TENGAH	SBU	OKTOBER	KAMIS	MALAM	1309	50	90.688
KERTOSONO2	BARAT	MJK	JUNI	KAMIS	MALAM	1665	60	96.126
KRAKSAAN1	TIMUR	PSR	FEBRUARI	SELASA	MALAM	791	30	91.334
KRAKSAAN2	TIMUR	PSR	JUNI	SENIN	SIANG	675	60	38.97
KREMBANGAN1	TENGAH	SBU	NOVEMBER	SELASA	SIANG	1204	50	83.413
KREMBANGAN2	TENGAH	SBU	MARET	JUMAT	SIANG	942	50	65.262
KREMBANGAN3	TENGAH	SBU	OKTOBER	KAMIS	MALAM	205	60	11.835
KRIAN1	TENGAH	SBB	MARET	SENIN	SIANG	932	60	53.807

<b>Trafo</b>	<b>APD</b>	<b>APJ</b>	<b>Bulan</b>	<b>Hari</b>	<b>Zona_Waktu</b>	<b>Beban</b>	<b>Kapasitas</b>	<b>Utilitas</b>
KRIAN2	TENGAH	SBB	APRIL	JUMAT	SIANG	1285	60	74.187
KUPANG1	TENGAH	SBU	OKTOBER	RABU	SIANG	1152	60	66.509
KUPANG2	TENGAH	SBU	DESEMBER	SELASA	SIANG	821	60	47.399
LAMONGAN1	BARAT	BJG	JULI	JUMAT	MALAM	670	30	77.363
LAMONGAN2	BARAT	BJG	NOVEMBER	SABTU	MALAM	808	30	93.297
LAWANG1	TIMUR	MLG	JULI	SELASA	SIANG	901	60	52.018
LAWANG2	TIMUR	MLG	JUNI	MINGGU	SIANG	525	30	60.62
LUMAJANG1	TIMUR	JBR	NOVEMBER	KAMIS	MALAM	1123	60	64.835
LUMAJANG2	TIMUR	JBR	APRIL	MINGGU	MALAM	939	60	54.212
MAGETAN1	BARAT	MDN	AGUSTUS	MINGGU	MALAM	485	20	84.002
MAGETAN2	BARAT	MDN	JULI	MINGGU	MALAM	526	30	60.735
MANISREJO5	BARAT	MDN	NOVEMBER	SABTU	MALAM	920	50	63.738
MANISREJO6	BARAT	MDN	NOVEMBER	KAMIS	SIANG	1028	60	59.35
MANYAR2	TENGAH	GSK	FEBRUARI	MINGGU	MALAM	1195	60	68.991
MANYAR3	TENGAH	GSK	APRIL	SENIN	SIANG	1330	60	76.785
MLIWANG1	BARAT	BJG	JANUARI	JUMAT	MALAM	881	60	50.863
MOJOAGUNG1	BARAT	MJK	SEPTEMBER	SENIN	MALAM	824	30	95.145

<b>Trafo</b>	<b>APD</b>	<b>APJ</b>	<b>Bulan</b>	<b>Hari</b>	<b>Zona_Waktu</b>	<b>Beban</b>	<b>Kapasitas</b>	<b>Utilitas</b>
MOJOAGUNG2	BARAT	MJK	DESEMBER	SELASA	SIANG	780	30	90.064
MOJOKERTO6	BARAT	MJK	JANUARI	RABU	SIANG	1730	60	99.879
MOJOKERTO7	BARAT	MJK	JUNI	KAMIS	SIANG	819	30	94.567
MOJOKERTO8	BARAT	MJK	JUNI	RABU	SIANG	1522	60	87.87
MRANGGEN1	BARAT	MDN	MEI	KAMIS	SIANG	310	30	35.795
MRANGGEN2	BARAT	MDN	SEPTEMBER	RABU	SIANG	287	10	99.417
NEW PACITAN1	BARAT	PNG	MEI	JUMAT	MALAM	710	60	40.991
NGAGEL1	TENGAH	SBU	MEI	KAMIS	MALAM	474	20	82.097
NGAGEL2	TENGAH	SBS	JULI	JUMAT	MALAM	1080	60	62.352
NGANJUK1	BARAT	MJK	MARET	KAMIS	SIANG	389	20	67.375
NGANJUK2	BARAT	MJK	DESEMBER	SELASA	MALAM	407	20	70.492
NGANJUK3	BARAT	MJK	SEPTEMBER	SENIN	MALAM	556	30	64.199
NGAWI1	BARAT	MDN	JULI	JUMAT	SIANG	867	60	50.055
NGAWI2	BARAT	MDN	APRIL	RABU	MALAM	1511	60	87.235
NGORO1	BARAT	MJK	FEBRUARI	SABTU	MALAM	1500	60	86.6
NGORO2	BARAT	MJK	JUNI	KAMIS	SIANG	1452	60	83.829

Trafo	APD	APJ	Bulan	Hari	Zona_Waktu	Beban	Kapasitas	Utilitas
NGORO3	BARAT	MJK	DESEMBER	SELASA	SIANG	515	60	29.733
PACIRAN1	BARAT	BJG	DESEMBER	SELASA	MALAM	1010	60	58.311
PAITON1	TIMUR	PSR	NOVEMBER	KAMIS	MALAM	663	40	57.416
PAKIS1	TIMUR	MLG	JANUARI	SENIN	MALAM	690	30	79.672
PAKIS2	TIMUR	MLG	DESEMBER	SENIN	MALAM	690	30	79.672
PAMEKASAN1	TENGAH	PKS	NOVEMBER	MINGGU	MALAM	1007	60	58.137
PAMEKASAN2	TENGAH	PKS	AGUSTUS	SABTU	MALAM	761	30	87.87
PANDAAN1	TIMUR	PSR	SEPTEMBER	SABTU	SIANG	634	30	73.206
PANDAAN2	TIMUR	PSR	FEBRUARI	KAMIS	SIANG	471	20	81.577
PANDAAN3	TIMUR	PSR	JULI	KAMIS	MALAM	855	30	98.724
PARE1	BARAT	KDR	NOVEMBER	KAMIS	MALAM	446	20	77.247
PARE2	BARAT	KDR	MEI	KAMIS	MALAM	545	20	94.394
PERAK1	TENGAH	SBU	JANUARI	SABTU	SIANG	864	60	49.882
PETRO KIMIA1	TENGAH	GSK	DESEMBER	RABU	MALAM	847	30	97.8
PETRO KIMIA2	TENGAH	GSK	APRIL	SENIN	MALAM	1215	50	84.175
PETRO KIMIA3	TENGAH	GSK	DESEMBER	SENIN	SIANG	457	60	26.384
PIER1	TIMUR	PSR	OKTOBER	SELASA	SIANG	938	50	64.985

<b>Trafo</b>	<b>APD</b>	<b>APJ</b>	<b>Bulan</b>	<b>Hari</b>	<b>Zona_Waktu</b>	<b>Beban</b>	<b>Kapasitas</b>	<b>Utilitas</b>
PLOSO1	BARAT	MJK	JUNI	RABU	MALAM	804	30	92.835
PLOSO2	BARAT	MJK	AGUSTUS	SELASA	SIANG	860	30	99.301
PLOSO3	BARAT	MJK	MARET	KAMIS	SIANG	570	20	98.724
PLTA SELOREJO1	TIMUR	MLG	JULI	JUMAT	MALAM	151	6	87.177
PLTA SENGURUH2	TIMUR	MLG	APRIL	MINGGU	MALAM	770	30	88.909
PLTA TULUNGAGUNG1	BARAT	KDR	SEPTEMBER	SABTU	MALAM	684	30	78.979
PLTU SUDIMORO1	BARAT	PNG	MEI	JUMAT	MALAM	536	20	92.835
POLEHAN1	TIMUR	MLG	OKTOBER	SELASA	MALAM	517	30	59.696
POLEHAN2	TIMUR	MLG	MARET	RABU	MALAM	489	20	84.695
POLEHAN3	TIMUR	MLG	DESEMBER	JUMAT	MALAM	430	30	49.651
PONOROGO2	BARAT	PNG	JANUARI	KAMIS	MALAM	1390	60	80.249
PORONG1	TENGAH	SDA	NOVEMBER	SABTU	MALAM	589	20	102.01
PORONG2	TENGAH	SDA	NOVEMBER	JUMAT	MALAM	540	20	93.528
PROBOLINGGO1	TIMUR	PSR	JANUARI	JUMAT	MALAM	575	20	99.59

<b>Trafo</b>	<b>APD</b>	<b>APJ</b>	<b>Bulan</b>	<b>Hari</b>	<b>Zona_Waktu</b>	<b>Beban</b>	<b>Kapasitas</b>	<b>Utilitas</b>
PROBOLINGGO2	TIMUR	PSR	FEBRUARI	RABU	SIANG	981	60	56.636
PROBOLINGGO3	TIMUR	PSR	JUNI	KAMIS	SIANG	904	50	62.629
PURWOSARI1	TIMUR	PSR	APRIL	JUMAT	SIANG	839	60	48.438
PURWOSARI2	TIMUR	PSR	OKTOBER	KAMIS	MALAM	486	60	28.058
RUNGKUT1	TENGAH	SBS	OKTOBER	JUMAT	SIANG	1191	50	82.512
RUNGKUT2	TENGAH	SBS	JUNI	SELASA	MALAM	1353	50	93.736
RUNGKUT3	TENGAH	SBS	JANUARI	JUMAT	SIANG	1305	60	75.342
RUNGKUT4	TENGAH	SBS	APRIL	SELASA	SIANG	1303	50	90.272
RUNGKUT5	TENGAH	SBS	APRIL	RABU	SIANG	1295	50	89.718
SAMPANG1	TENGAH	PKS	APRIL	RABU	MALAM	475	20	82.27
SAMPANG2	TENGAH	PKS	FEBRUARI	MINGGU	MALAM	952	60	54.962
SAWAHAN1	TENGAH	SBU	FEBRUARI	SELASA	SIANG	958	50	66.37
SAWAHAN3	TENGAH	SBU	JUNI	RABU	SIANG	766	60	44.224
SEGOROMADU2	TENGAH	GSK	APRIL	RABU	SIANG	1489	60	85.965
SEGOROMADU3	TENGAH	GSK	JUNI	SABTU	SIANG	1360	60	78.517
SENGKALING3	TIMUR	MLG	JANUARI	SENIN	MALAM	855	30	98.724
SENGKALING4	TIMUR	MLG	OKTOBER	SENIN	SIANG	1084	60	62.583

<b>Trafo</b>	<b>APD</b>	<b>APJ</b>	<b>Bulan</b>	<b>Hari</b>	<b>Zona_Waktu</b>	<b>Beban</b>	<b>Kapasitas</b>	<b>Utilitas</b>
SIMAN1	BARAT	MJK	JUNI	KAMIS	SIANG	488	30	56.348
SIMPANG1	TENGAH	SBU	APRIL	RABU	MALAM	865	50	59.927
SIMPANG2	TENGAH	SBU	APRIL	SELASA	SIANG	985	50	68.241
SITUBONDO1	TIMUR	STB	MEI	JUMAT	SIANG	546	20	94.567
SITUBONDO2	TIMUR	STB	JANUARI	SELASA	MALAM	545	20	94.394
SITUBONDO3	TIMUR	STB	DESEMBER	MINGGU	SIANG	587	60	33.889
SUKOLILO1	TENGAH	SBS	DESEMBER	MINGGU	MALAM	960	50	66.509
SUKOLILO2	TENGAH	SBS	MARET	SENIN	SIANG	1228	60	70.897
SUKOLILO3	TENGAH	SBS	OKTOBER	SELASA	MALAM	1219	60	70.377
SUKOREJO1	TIMUR	PSR	JANUARI	SELASA	SIANG	758	30	87.524
SUMENEP1	TENGAH	PKS	SEPTEMBER	SENIN	MALAM	833	30	96.184
SUMENEP2	TENGAH	PKS	MARET	JUMAT	SIANG	886	60	51.152
TANDES1	TENGAH	SBU	OKTOBER	KAMIS	MALAM	1050	50	72.744
TANDES2	TENGAH	SBS	JUNI	SELASA	SIANG	995	50	68.934
TANDES3	TENGAH	SBU	JULI	SELASA	SIANG	723	60	41.741
TANDES4	TENGAH	SBU	APRIL	RABU	SIANG	250	10	86.6



<b>Trafo</b>	<b>APD</b>	<b>APJ</b>	<b>Bulan</b>	<b>Hari</b>	<b>Zona_Waktu</b>	<b>Beban</b>	<b>Kapasitas</b>	<b>Utilitas</b>
TANDES5	TENGAH	SBS	AGUSTUS	KAMIS	MALAM	1095	60	63.218
TANGGUL1	TIMUR	JBR	JULI	MINGGU	MALAM	740	30	85.445
TANGGUL2	TIMUR	JBR	DESEMBER	KAMIS	SIANG	636	60	36.718
TARIK1	BARAT	MJK	NOVEMBER	JUMAT	MALAM	548	20	94.914
TARIK2	TENGAH	SDA	FEBRUARI	SENIN	MALAM	566	20	98.031
TARIK3	TENGAH	SDA	APRIL	JUMAT	SIANG	243	10	84.175
TRENGGALEK1	BARAT	PNG	NOVEMBER	MINGGU	SIANG	410	20	71.012
TRENGGALEK2	BARAT	PNG	MARET	SELASA	MALAM	551	30	63.622
TUBAN1	BARAT	BJG	NOVEMBER	MINGGU	MALAM	929	30	107.27
TUBAN2	BARAT	BJG	MEI	SELASA	SIANG	1120	60	64.661
TULUNGAGUNG1	BARAT	KDR	MEI	JUMAT	MALAM	800	30	92.373
TULUNGAGUNG2	BARAT	KDR	JUNI	SELASA	MALAM	750	30	86.6
TULUNGAGUNG4	BARAT	KDR	SEPTEMBER	SELASA	SIANG	540	20	93.528
TUREN1	TIMUR	MLG	DESEMBER	JUMAT	MALAM	771	30	89.025
TUREN2	TIMUR	MLG	DESEMBER	RABU	SIANG	491	20	85.041
TUREN3	TIMUR	MLG	DESEMBER	SENIN	MALAM	300	30	34.64
UJUNG1	TENGAH	SBU	FEBRUARI	SABTU	MALAM	354	30	40.875

<b>Trafo</b>	<b>APD</b>	<b>APJ</b>	<b>Bulan</b>	<b>Hari</b>	<b>Zona_Waktu</b>	<b>Beban</b>	<b>Kapasitas</b>	<b>Utilitas</b>
UJUNG2	TENGAH	SBU	DESEMBER	RABU	MALAM	760	30	87.755
UNDAAN1	TENGAH	SBU	MEI	SENIN	SIANG	1024	60	59.119
WARU3	TENGAH	SBS	JANUARI	SABTU	SIANG	1086	60	62.698
WARU4	TENGAH	SBS	SEPTEMBER	SENIN	MALAM	1275	60	73.61
WARU5	TENGAH	SBS	APRIL	JUMAT	MALAM	1000	50	69.28
WARU6	TENGAH	SBB	JANUARI	JUMAT	SIANG	935	60	53.981
WARU7	TENGAH	SBS	NOVEMBER	JUMAT	SIANG	1253	60	72.34
WLINGI2	BARAT	KDR	AGUSTUS	RABU	MALAM	277	10	95.953
WLINGI3	BARAT	KDR	SEPTEMBER	SABTU	MALAM	810	30	93.528
WONOKROMO1	TENGAH	SBS	OKTOBER	KAMIS	MALAM	1183	60	68.299
WONOKROMO2	TENGAH	SBS	JUNI	KAMIS	MALAM	1140	60	65.816
WONOREJO1	TENGAH	SBS	JUNI	RABU	MALAM	1279	60	73.841

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**LAMPIRAN B**  
**HASIL *CLUSTERING* TRAFO**

<b>Case Number</b>	<b>Trafo</b>	<b>Cluster</b>	<b>Distance</b>	<b>Zona_Waktu</b>	<b>Kapasitas</b>	<b>Utilitas</b>
5	BABAT1	1	.330	MALAM	30	91.45
9	BANARAN4	1	.269	MALAM	30	87.75
13	BANGKALAN1	1	.347	MALAM	20	84.87
14	BANGKALAN2	1	.312	MALAM	30	90.76
15	BANYUWANGI1	1	.462	MALAM	30	95.14
17	BANYUWANGI3	1	.421	MALAM	30	94.11
18	BLIMBING1	1	.357	MALAM	20	90.76
19	BLIMBING2	1	.525	MALAM	30	78.52
20	BLIMBING3	1	1.059	MALAM	30	66.97
21	BLITAR1	1	.321	MALAM	30	91.10
22	BLITAR2	1	.539	MALAM	30	96.99
23	BOJONEGORO1	1	.330	MALAM	20	89.20
26	BONDOWOSO2	1	.384	MALAM	20	83.31

Case Number	Trafo	Cluster	Distance	Zona_Waktu	Kapasitas	Utilitas
35	CARUBAN1	1	.639	MALAM	20	98.72
37	CERME1	1	.417	MALAM	30	93.99
41	DOLOPO2	1	.415	MALAM	20	82.27
48	GILITIMUR2	1	.910	MALAM	10	88.68
57	JEMBER2	1	.610	MALAM	20	98.03
66	KEBON AGUNG5	1	.807	MALAM	30	72.28
70	KRAKSAAN1	1	.327	MALAM	30	91.33
79	LAMONGAN1	1	.575	MALAM	30	77.36
80	LAMONGAN2	1	.391	MALAM	30	93.30
85	MAGETAN1	1	.366	MALAM	20	84.00
86	MAGETAN2	1	1.361	MALAM	30	60.74
92	MOJOAGUNG1	1	.462	MALAM	30	95.14
100	NGAGEL1	1	.421	MALAM	20	82.10
103	NGANJUK2	1	.908	MALAM	20	70.49
104	NGANJUK3	1	1.193	MALAM	30	64.20
112	PAKIS1	1	.477	MALAM	30	79.67

<b>Case Number</b>	<b>Trafo</b>	<b>Cluster</b>	<b>Distance</b>	<b>Zona_Waktu</b>	<b>Kapasitas</b>	<b>Utilitas</b>
113	PAKIS2	1	.477	MALAM	30	79.67
115	PAMEKASAN2	1	.269	MALAM	30	87.87
118	PANDAAN3	1	.615	MALAM	30	98.72
119	PARE1	1	.605	MALAM	20	77.25
120	PARE2	1	.466	MALAM	20	94.39
122	PETRO KIMIA1	1	.574	MALAM	30	97.80
126	PLOSO1	1	.375	MALAM	30	92.84
129	PLTA SELOREJO1	1	1.145	MALAM	6	87.18
130	PLTA SENGGURUH2	1	.277	MALAM	30	88.91
131	PLTA TULUNGAGUNG1	1	.505	MALAM	30	78.98
132	PLTU SUDIMORO1	1	.413	MALAM	20	92.84
133	POLEHAN1	1	1.412	MALAM	30	59.70
134	POLEHAN2	1	.351	MALAM	20	84.69
137	PORONG1	1	.785	MALAM	20	102.01
138	PORONG2	1	.435	MALAM	20	93.53
139	PROBOLINGGO1	1	.677	MALAM	20	99.59

Case Number	Trafo	Cluster	Distance	Zona_Waktu	Kapasitas	Utilitas
149	SAMPANG1	1	.415	MALAM	20	82.27
155	SENGKALING3	1	.615	MALAM	30	98.72
161	SITUBONDO2	1	.466	MALAM	20	94.39
167	SUMENEP1	1	.505	MALAM	30	96.18
174	TANGGUL1	1	.289	MALAM	30	85.45
176	TARIK1	1	.485	MALAM	20	94.91
177	TARIK2	1	.610	MALAM	20	98.03
180	TRENGGALEK2	1	1.221	MALAM	30	63.62
181	TUBAN1	1	1.014	MALAM	30	107.27
183	TULUNGAGUNG1	1	.359	MALAM	30	92.37
184	TULUNGAGUNG2	1	.273	MALAM	30	86.60
186	TUREN1	1	.278	MALAM	30	89.02
190	UJUNG2	1	.269	MALAM	30	87.75
197	WLINGI2	1	.999	MALAM	10	95.95
198	WLINGI3	1	.399	MALAM	30	93.53
2	ALTA PRIMA2	2	.266	SIANG	60	43.24

Case Number	Trafo	Cluster	Distance	Zona_Waktu	Kapasitas	Utilitas
16	BANYUWANGI2	2	.683	SIANG	60	56.29
31	BULU KANDANG1	2	.723	SIANG	60	57.16
36	CARUBAN2	2	1.698	SIANG	30	38.33
40	DARMO GRAND3	2	1.639	SIANG	60	11.08
50	GITET NGIMBANG2	2	2.221	MALAM	60	16.45
53	GONDANG WETAN3	2	2.219	MALAM	60	16.51
64	KASIH JATIM2	2	.507	SIANG	60	34.93
71	KRAKSAAN2	2	.352	SIANG	60	38.97
74	KREMBANGAN3	2	2.367	MALAM	60	11.84
75	KRIAN1	2	.571	SIANG	60	53.81
77	KUPANG1	2	1.168	SIANG	60	66.51
78	KUPANG2	2	.325	SIANG	60	47.40
81	LAWANG1	2	.494	SIANG	60	52.02
88	MANISREJO6	2	.825	SIANG	60	59.35
97	MRANGGEN1	2	1.722	SIANG	30	35.79
105	NGAWI1	2	.415	SIANG	60	50.05



Case Number	Trafo	Cluster	Distance	Zona_Waktu	Kapasitas	Utilitas
109	NGORO3	2	.740	SIANG	60	29.73
121	PERAK1	2	.409	SIANG	60	49.88
124	PETRO KIMIA3	2	.897	SIANG	60	26.38
140	PROBOLINGGO2	2	.699	SIANG	60	56.64
142	PURWOSARI1	2	.357	SIANG	60	48.44
143	PURWOSARI2	2	1.925	MALAM	60	28.06
152	SAWAHAN3	2	.267	SIANG	60	44.22
156	SENGKALING4	2	.979	SIANG	60	62.58
162	SITUBONDO3	2	.552	SIANG	60	33.89
168	SUMENEP2	2	.459	SIANG	60	51.15
171	TANDES3	2	.281	SIANG	60	41.74
175	TANGGUL2	2	.434	SIANG	60	36.72
182	TUBAN2	2	1.079	SIANG	60	64.66
191	UNDAAN1	2	.814	SIANG	60	59.12
192	WARU3	2	.984	SIANG	60	62.70
195	WARU6	2	.579	SIANG	60	53.98

<b>Case Number</b>	<b>Trafo</b>	<b>Cluster</b>	<b>Distance</b>	<b>Zona_Waktu</b>	<b>Kapasitas</b>	<b>Utilitas</b>
1	ALTA PRIMA1	3	1.053	SIANG	30	97.34
3	BABADAN1	3	.668	SIANG	50	93.39
4	BABADAN2	3	.649	SIANG	50	92.90
6	BABAT2	3	.968	SIANG	30	94.68
7	BALONG BENDO1	3	1.239	SIANG	60	97.51
8	BALONG BENDO3	3	1.059	SIANG	60	89.78
11	BANGIL3	3	1.057	SIANG	60	75.92
12	BANGIL4	3	1.380	SIANG	20	77.59
27	BUDURAN2	3	1.265	SIANG	60	98.38
28	BUDURAN3	3	1.000	SIANG	60	82.56
30	BUDURAN5	3	1.548	SIANG	20	97.86
32	BULU KANDANG2	3	.794	SIANG	30	78.63
33	BUMICOKRO1	3	.623	SIANG	50	92.21
34	BUMICOKRO2	3	1.004	SIANG	60	84.58
42	DRIYOREJO3	3	.721	SIANG	50	94.71
43	DRIYOREJO4	3	1.065	SIANG	60	90.18

Case Number	Trafo	Cluster	Distance	Zona_Waktu	Kapasitas	Utilitas
44	DRIYOREJO9	3	1.044	SIANG	60	76.79
45	GENTENG1	3	.447	SIANG	50	86.32
46	GENTENG2	3	1.087	SIANG	60	74.25
47	GILITIMUR1	3	2.093	SIANG	10	67.20
52	GONDANG WETAN2	3	.771	SIANG	30	81.17
56	JEMBER1	3	1.207	SIANG	60	69.22
58	JEMBER3	3	1.000	SIANG	60	82.33
61	KARANG PILANG1	3	.415	SIANG	50	81.61
62	KARANG PILANG2	3	.701	SIANG	50	94.22
63	KASIH JATIM1	3	.671	SIANG	50	93.46
72	KREMBANGAN1	3	.412	SIANG	50	83.41
73	KREMBANGAN2	3	.964	SIANG	50	65.26
76	KRIAN2	3	1.088	SIANG	60	74.19
82	LAWANG2	3	1.343	SIANG	30	60.62
90	MANYAR3	3	1.044	SIANG	60	76.79
93	MOJOAGUNG2	3	.847	SIANG	30	90.06

<b>Case Number</b>	<b>Trafo</b>	<b>Cluster</b>	<b>Distance</b>	<b>Zona_Waktu</b>	<b>Kapasitas</b>	<b>Utilitas</b>
94	MOJOKERTO6	3	1.312	SIANG	60	99.88
95	MOJOKERTO7	3	.964	SIANG	30	94.57
96	MOJOKERTO8	3	1.031	SIANG	60	87.87
98	MRANGGEN2	3	2.112	SIANG	10	99.42
102	NGANJUK1	3	1.557	SIANG	20	67.37
108	NGORO2	3	1.001	SIANG	60	83.83
116	PANDAAN1	3	.903	SIANG	30	73.21
117	PANDAAN2	3	1.357	SIANG	20	81.58
125	PIER1	3	.976	SIANG	50	64.98
127	PLOSO2	3	1.123	SIANG	30	99.30
128	PLOSO3	3	1.570	SIANG	20	98.72
141	PROBOLINGGO3	3	1.084	SIANG	50	62.63
144	RUNGKUT1	3	.412	SIANG	50	82.51
146	RUNGKUT3	3	1.067	SIANG	60	75.34
147	RUNGKUT4	3	.554	SIANG	50	90.27
148	RUNGKUT5	3	.536	SIANG	50	89.72

<b>Case Number</b>	<b>Trafo</b>	<b>Cluster</b>	<b>Distance</b>	<b>Zona_Waktu</b>	<b>Kapasitas</b>	<b>Utilitas</b>
151	SAWAHAN1	3	.914	SIANG	50	66.37
153	SEGOROMADU2	3	1.012	SIANG	60	85.96
154	SEGOROMADU3	3	1.023	SIANG	60	78.52
157	SIMAN1	3	1.522	SIANG	30	56.35
159	SIMPANG2	3	.832	SIANG	50	68.24
160	SITUBONDO1	3	1.476	SIANG	20	94.57
164	SUKOLILO2	3	1.162	SIANG	60	70.90
166	SUKOREJO1	3	.802	SIANG	30	87.52
170	TANDES2	3	.803	SIANG	50	68.93
172	TANDES4	3	1.953	SIANG	10	86.60
178	TARIK3	3	1.945	SIANG	10	84.18
179	TRENGGALEK1	3	1.477	SIANG	20	71.01
185	TULUNGAGUNG4	3	1.456	SIANG	20	93.53
187	TUREN2	3	1.360	SIANG	20	85.04
196	WARU7	3	1.127	SIANG	60	72.34
10	BANARAN5	4	1.372	MALAM	60	95.84

<b>Case Number</b>	<b>Trafo</b>	<b>Cluster</b>	<b>Distance</b>	<b>Zona_Waktu</b>	<b>Kapasitas</b>	<b>Utilitas</b>
24	BOJONEGORO3	4	1.097	MALAM	60	90.06
25	BONDOWOSO1	4	1.541	MALAM	30	56.81
29	BUDURAN4	4	1.190	MALAM	60	92.03
38	DARMO GRAND1	4	1.223	MALAM	50	93.32
39	DARMO GRAND2	4	.379	MALAM	60	66.39
49	GITET KEDIRI3	4	.415	MALAM	60	64.78
51	GONDANG WETAN1	4	.524	MALAM	60	76.96
54	GRATI1	4	.709	MALAM	60	56.81
55	JAYA KERTAS1	4	1.024	MALAM	60	49.82
59	JEMBER4	4	.505	MALAM	60	76.44
60	KARANG KATES1	4	1.536	MALAM	30	57.04
65	KEBON AGUNG4	4	.552	MALAM	60	77.71
67	KENJERAN1	4	1.362	MALAM	50	96.16
68	KENJERAN2	4	1.095	MALAM	50	90.69
69	KERTOSONO2	4	1.386	MALAM	60	96.13
83	LUMAJANG1	4	.414	MALAM	60	64.83

Case Number	Trafo	Cluster	Distance	Zona_Waktu	Kapasitas	Utilitas
84	LUMAJANG2	4	.823	MALAM	60	54.21
87	MANISREJO5	4	.358	MALAM	50	63.74
89	MANYAR2	4	.353	MALAM	60	68.99
91	MLIWANG1	4	.976	MALAM	60	50.86
99	NEW PACITAN1	4	1.444	MALAM	60	40.99
101	NGAGEL2	4	.490	MALAM	60	62.35
106	NGAWI2	4	.965	MALAM	60	87.24
107	NGORO1	4	.936	MALAM	60	86.60
110	PACIRAN1	4	.645	MALAM	60	58.31
111	PAITON1	4	1.010	MALAM	40	57.42
114	PAMEKASAN1	4	.652	MALAM	60	58.14
123	PETRO KIMIA2	4	.782	MALAM	50	84.18
135	POLEHAN3	4	1.714	MALAM	30	49.65
136	PONOROGO2	4	.654	MALAM	60	80.25
145	RUNGKUT2	4	1.244	MALAM	50	93.74
150	SAMPANG2	4	.790	MALAM	60	54.96

<b>Case Number</b>	<b>Trafo</b>	<b>Cluster</b>	<b>Distance</b>	<b>Zona_Waktu</b>	<b>Kapasitas</b>	<b>Utilitas</b>
158	SIMPANG1	4	.516	MALAM	50	59.93
163	SUKOLILO1	4	.270	MALAM	50	66.51
165	SUKOLILO3	4	.358	MALAM	60	70.38
169	TANDES1	4	.295	MALAM	50	72.74
173	TANDES5	4	.461	MALAM	60	63.22
188	TUREN3	4	2.223	MALAM	30	34.64
189	UJUNG1	4	1.994	MALAM	30	40.88
193	WARU4	4	.417	MALAM	60	73.61
194	WARU5	4	.236	MALAM	50	69.28
199	WONOKROMO1	4	.356	MALAM	60	68.30
200	WONOKROMO2	4	.391	MALAM	60	65.82
201	WONOREJO1	4	.423	MALAM	60	73.84



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Surabaya pada 16 Maret 1993. Merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SDI Al-Huda Kediri pada tahun 2005. Setelah itu melanjutkan pendidikan ke jenjang Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 1 Kediri dan lulus pada tahun 2008. Kemudian melanjutkan ke Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Kediri hingga lulus pada tahun 2011.

Pada tahun 2011 pasca kelulusan SMA, penulis melanjutkan pendidikan melalui jalur SNMPTN undangan dan mendapatkan beasiswa Bidik Misi di jurusan Sistem Informasi FTIf – Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya dan terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP 5211100037. Selama menjadi mahasiswa, penulis telah mengikuti beberapa kegiatan kemahasiswaan seperti kepanitiaan di tingkat jurusan dan institusi baik dalam skala nasional maupun internasional. Selain itu, penulis juga sempat menjadi asisten grader pada mata kuliah Perencanaan Sumber Daya Perusahaan.

Pada tahun keempat, berangkat dari studi kasus ketika Kerja Praktek, penulis mengambil bidang minat Laboratorium Sistem Pendukung Keputusan dan Intelegensia Bisnis (Lab. SPK & IB) dan mengangkat topik *Data Mining* khususnya *Clustering* dalam Tugas Akhir. Penulis dapat dihubungi melalui email [dyanikaa@gmail.com](mailto:dyanikaa@gmail.com)

*Halaman ini Sengaja Dikosongkan*